

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) Глушкова М.В. Эсн-10-2
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Живаева О.П. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Валиева Л.Ш. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
«04» июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Санатова Т.С. к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
«3» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Живаева О.П. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Живаева О.П. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

Рецензент: Сумароко 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 Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Глушкова Маргарита Владимировна
(фамилия, имя, отчество)
Тема проекта Электроснабжение цементного завода

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы « » 20 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта
Генеральный план цементного завода. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода. Питание может быть осуществлено от ТЭЦ соседнего завода. На ТЭЦ установлено четыре турбогенератора мощностью по 60 МВА напряжением генераторов 10,5 кВ. Генератор работает параллельно. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция из двух отдельно работающих трансформаторов мощностью 40 МВА, напряжением 10,3/37 кВ. Завод работает в три смены.

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

Расчет электрических нагрузок на напряжение 0,4 и 10 кВ. Компенсация реактивной мощности. Выбор цеховых трансформаторов. Сравнение схем внешнего электроснабжения. Расчет токов короткого замыкания. Выбор высоковольтного оборудования. Проектирование наружного освещения территории завода. Безопасность жизнедеятельности. Экономическая часть.

ИИ
ИИ
ИИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Генеральный план цементного завода.

Однолинейная схема электроснабжения цементного завода.

Технические параметры осветительной установки дороги.

Технические параметры осветительной установки открытой площадки.

Технические параметры осветительной установки аллеи.

Рекомендуемая основная литература

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

Технический каталог «Alageim electric».Кентауский трансформаторный завод 2012 г.

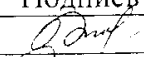
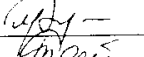
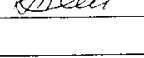
Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.

Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: «Форум», 2009.

Жакупов А.А., Хижняк Р.С.Методические указания к выполнению экономической части выпускных работ (для бакалавров, обучающихся по направлению «Электроэнергетика»). – Алматы: АИЭС, 2011.

Санатова Т.С, Мнанбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности "Расчет запыления" Методические указания к выпускной работе для студентов-бакалавров всех специальностей и всех форм обучения-Алматы: АУЭС, 2011.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Основная часть	Живаева О.П.	5.01.14 – 26.05.14	
Экономическая часть	Валиева Л.Ш.	02.04 – 04.06.14	
БЖД	Санатова Т.С.	01.04 – 03.06.14	


Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечания
	1. Технологический процесс производства цементного завода		
	2. Расчет электрических нагрузок по заводу		
	3. Выбор схемы внешнего электроснабжения		
	4. Выбор оборудования U=10, кВ		
	5. Проектирование наружного освещения территории завода		
	6. Безопасность жизнедеятельности		
	7. Экономическая часть		

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

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

Руководитель _____ Живаева О.П.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____  _____ Глушкова М.В.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

Данный дипломный проект посвящен теме: «электроснабжение цементного завода».

Дипломный проект включает в себя расчет осветительных и электрических нагрузок, выбор высоковольтного оборудования.

Так же были рассмотрены вопросы охраны труда и экономики. Система электроснабжения удовлетворяет требованиям надежности и экономичности.

Abstract

The graduation thesis is dedicated to the topical issue: “Electricity supply of cement plant”

The project includes the calculation of lighting and electric load, the choice of high voltage equipment.

The problems of labour protection and economy were also reviewed in the project.

The system of electricity supply meets the requirements for reliability and efficiency.

Андатпа

Осы диплом жобасы «цемент зауытын электр қуатымен қамтамасыз ету» тақырыбына арналған.

Диплом жобасы электрлық және жарықтандыру жүктемесінің есебін, жоғарывольтты жабдықтардың таңдауын енгізеді.

Сонымен қатар, экономика және еңбек қорғау мәселелері қарастырылды.

Электр қуатымен қамтамасыз ету жүйесі экономикалық және дәйектілік талаптарына сәйкес.

Содержание

Введение	7
1. Технологический процесс производства цементного завода	8
1.2 Исходные данные к проекту	10
2. Расчет электрических нагрузок по заводу	11
2.1 Расчет осветительных нагрузок	11
2.2 Расчет электрических нагрузок по заводу	11
2.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	16
2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу	18
3. Выбор схемы внешнего электроснабжения	23
4. Выбор оборудования U=10, кВ	33
4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП	33
4.2 Выбор выключателей	36
4.3 Выбор кабелей	37
4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП	39
4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП	39
4.6 Выбор трансформаторов тока	39
4.7 Выбор трансформаторов напряжения	47
4.8 Выбор шин ГПП	48
4.9 Выбор изоляторов ГПП	49
5. Проектирование наружного освещения территории завода	50
5.1 Светодиоды	50
5.2 Система уличного освещения	53
5.3 Сравнение ДРЛ и светодиода	58
5.4 Расчет осветительной установки проезжей части	60
5.5 Расчет осветительной установки открытой площадки	64
5.6 Светотехнический расчёт аллеи	69
6. Безопасность жизнедеятельности	72
6.1 Анализ условий труда	72
6.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда	72
6.3 Расчет зануления электрического оборудования	79
7. Экономическая часть	82
7.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции и ЛЭП	82
7.2 Определение капитальных вложений в строительство прилегающей сети	83
7.3 Определение ежегодных эксплуатационных издержек на подстанции и ЛЭП	84
7.4 Расчет себестоимости передачи электроэнергии	85
7.5 Показатели финансовой эффективности	85
7.6 Определение NPV	86
Заключение	88
Список литературы	89

Введение

Дипломная работа по дисциплине «Проектирование систем электроснабжения» является самостоятельной работой студента. В данной дипломной работе проектируется цементный завод. Разработка проекта начинается с определения электрических нагрузок согласно "Руководящим указаниям" методом коэффициентов использования и максимума. Далее идет выбор числа и мощности трансформаторных подстанций и схемы электроснабжения предприятия в целом по результатам технико-экономических расчетов. Рационально выполненная современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований, как экономичность и надежность, безопасность и удобства эксплуатации, возможность расширения производства минимальными изменениями схемы электроснабжения.

Задачей дипломной работы является расчета осветительных и электрических нагрузок по заводу, выбор числа и мощности цеховых трансформаторов, так же выбор выключателей, кабелей, автоматических выключателей, трансформаторов тока и напряжения, выбор шин и изоляторов ГПП. Произвести расчет экономической эффективности энергоснабжения цементного завода.

Электроэнергетика - отрасль, развитие которой является неперенным условием развития экономики и других сфер жизни общества. Электроэнергетика - это производство электроэнергии, ее транспортировка и распределение. Особенность электроэнергетики состоит в том, что ее продукция не может накапливаться для последующего использования: производство электроэнергии в каждый момент времени должно соответствовать размерам потребления с учетом нужд самих электростанций и потерь в сетях. Поэтому связи в электроэнергетике обладают постоянством, непрерывностью и осуществляются мгновенно.

1. Технологический процесс производства цементного завода

Цемент это не природный материал. Его изготовление - процесс дорогой и энергоемкий, но результат стоит того - на выходе получают один из самых лучших строительных материалов, который используется как самостоятельно, так и в качестве добавляющего компонента других строительных материалов (например, бетона и железобетона). Цементный завод, должен находится на месте добычи сырья для производства цемента.

Производство цемента включает две ступени: первая - получение клинкера, вторая - доведение клинкера до порошкообразного состояния с добавлением гипса или других добавок. Первый этап самый дорогой.

Происходит это следующим образом: первая стадия - это добыча сырьевых материалов. Разработка известняковых месторождений ведется обычно сносом горы «сносят вниз», добывая тем самым слой желтовато-зеленого известняка, который используется для производства цемента. Этот слой находится, на глубине приблизительно до 10 м (до этой глубины он встречается четыре раза), и по толщине достигает 0,7 м. Затем этот материал отправляется на измельчение до кусков равных 10 см в диаметре. После этого известняк сушится, и идет процесс помола и смешивания его с другими компонентами. Далее сырьевая смесь подвергается обжигу. Так получают клинкер. Вторая стадия состоит из нескольких этапов. Это: дробление клинкера, сушка минеральных добавок, дробление гипсового камня, помол клинкера совместно с гипсом и активными минеральными добавками. Однако надо учитывать, что сырьевой материал не бывает всегда одинаковым, да и физико-технические характеристики такие как прочность, влажность и т. д. у сырья различные. Поэтому для каждого вида сырья разработан свой способ производства. К тому же это помогает обеспечить хороший однородный помол и полное смешивание компонентов. В промышленности по изготовлению цемента используют три способа производства, в основе которых лежат различные приемы подготовки сырьевого материала: мокрый, сухой и комбинированный.

В производстве цемента необходимо сначала подготовить сырье. Для измельчения известняка используются специальные промышленные дробилки, для глины нужны мельницы-мешалки, они измельчают глину с помощью воды.

Дальнейший процесс смешивания и измельчения для получения однородной массы производится в шаровых трубных мельницах.

Затем проводится корректировка состава и шлам попадает во вращающуюся печь для обжига, где происходит завершение химических реакций, и на выходе получается клинкер. Следующий этап получения цемента – охлаждение клинкера. Для быстрого охлаждения горячего клинкера, выходящего из печи с температурой 1200-1500°C необходимы рекуператорные, барабанные и колосниковые холодильники. Барабанные холодильники имеют большие размеры, при этом, низкую степень

охлаждения, всего от 100 до 200°С , средняя производительность у рекуператорных холодильниках – охлаждают до 100-150°С, самые эффективные колосниковые, способны охлаждать до 80-120°С. В производстве цемента очень часто применяются вращающиеся печи в комплекте с рекуператорным холодильником.

Мокрый способ производства используют при изготовлении цемента из карбонатного компонента (мела), силикатного компонента (глины) и железосодержащих добавок. Влажность глины не должна превышать 20%, а влажность мела - 29%. Мокрым способ назван потому, что измельчение сырьевой смеси производится в водной среде, на выходе получается шихта в виде водной суспензии - шлама влажностью 30 - 50%. После шлам поступает в печь для обжига, диаметр которой достигает 7 м, а длина - 200 м и более. При обжиге сырья из него выделяются углекислоты. После этого шарики-клинкеры, которые получаются на выходе из печи, стирают в тонкий порошок, который и является цементом.

Сухой способ заключается в том, что сырьевые материалы перед помолом или в его процессе сушатся. И сырьевая шихта получается в виде мелкоизмельченного сухого порошка.

Комбинированный способ предполагает использование и сухого и мокрого способа. Комбинированный способ имеет два вида. Первый предполагает, что сырьевую смесь готовят по мокрому способу в виде шлама, потом её обезвоживают на фильтрах до влажности 16 - 18% и отправляют в печи для обжига в виде полусухой массы. Второй вид приготовления противоположный первому: сначала используют сухой способ для изготовления сырьевой смеси, а после, добавляя 10 -14% воды, гранулируют, размер гранул составляет 10 - 15 мм и подают на обжиг.

1.2 Исходные данные к проекту

Питание может быть осуществлено от ТЭЦ соседнего завода, на ТЭЦ установлено четыре турбогенератора мощностью по 60 МВА напряжением генераторов 10,5 кВ. Генератор работает параллельно. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция из двух раздельно работающих трансформаторов мощностью 40 МВА, напряжением 10,3/37 кВ. Завод работает в три смены.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки по фабрике.

Наименование	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность	
		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
Печной цех. Холодный конец печей	30	3 – 55	500
Печной цех. Горячий конец печей	32	5 – 50	600
Горизонтальный шламбассейн	20	4 – 50	300
Склад сырья	8	10 – 20	900
Отделение сырьевых мельниц: СД 10кВ	4	1000	4000
Склад клинкера	15	5 – 35	300
Отделение цементных мельниц	24	20 – 90	700
Сушильное отделение	22	19 – 75	500
Вертикальный шламбассейн	15	5 – 30	210
Цементные силосы	19	5 – 40	300
Материальный склад	12	1 – 40	150
Электромеханический	36	4 – 30	250
Дымососы: СД 10кВ	2	630	1260
Склад огнеупоров	10	5 – 15	50
Склад мелющих тел	8	5 – 14	40
Компрессорная: 0,4 кВ	15	1 - 25	100
Насосная	10	50 – 10	700
Автогараж	15	1 – 20	80
Заводоуправление, столовая	35	1 – 45	500
Шиферный завод	62	1 – 15	1350

2 Расчет электрических нагрузок по заводу.

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 формуле [8]:

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

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

где K_{co} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки;

$\text{tg}\varphi_o$ - коэффициент реактивной мощности, определяется по $\cos\varphi$;

P_{yo} – установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 м^2 поверхности пола известной производственной площади [8]:

$$P_{yo} = \rho_o \times F, \text{ кВт}. \quad (2.3)$$

где F – площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану завода, м^2 ;

ρ_o – удельная расчетная мощность, $\text{ кВт}/\text{ м}^2$.

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

2.2. Расчет электрических нагрузок по 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 напряжением 0,4кВ.

Таблица 2.2 –Расчет осветительной нагрузки

№	Наименование производственного помещения	Размеры помещения, м	Площадь помещен. м ²	Уд. осв. нагрузка р ₀ кВт/м ²	Коэффиц иент спроса Кс	Уст. мощн. осв. Р _{у0} кВт	Расчетная осветительная нагрузка		cos f	tgf	Тип ИС
							Р _{ро} ,кВт	Q _{ро} ,кВт			
1	Печной цех. ХКП	24-52	1248	0,014	0,8	17,472	13,978	6,9888	0,9	0,5	ДРЛ
2	Печной цех. ГКП	24-52	1248	0,014	0,8	17,472	13,978	6,9888	0,9	0,5	ДРЛ
3	Горизонтальный шламбассейн	32-72	2304	0,014	0,8	32,256	25,805	12,902	0,9	0,5	ЛН
4	Склад сырья	32-80	2560	0,01	0,6	25,6	15,36	0	1	0	ЛН
5	Отделение сырьевых мельниц	36-72	2592	0,005	1	12,96	12,96	6,48	0,9	0,5	ДРЛ
6	Склад клинкера	28-60	1680	0,01	0,6	16,8	10,08	0	1	0	ЛН
7	Отделение цементных мельниц	36-92	3312	0,005	1	16,56	16,56	8,28	0,9	0,5	ДРЛ
8	Сушильное отделение	60-124	7440	0,005	1	37,2	37,2	18,6	0,9	0,5	ДРЛ
9	Вертикальный шламбассейн	56-24	1344	0,014	0,8	18,816	15,053	7,5264	0,9	0,5	ДРЛ
10	Цементные силосы	40-80	3200	0,014	0,8	44,8	35,84	17,92	0,9	0,5	ДРЛ
11	Материальный склад	20-56	1120	0,01	0,6	11,2	6,72	0	1	0	ЛН
12	Электромеханический	40-24	960	0,014	0,8	13,44	10,752	5,376	0,9	0,5	ДРЛ
13	Дымососы	56-16	896	0,13	0,7	116,48	81,536	40,768	0,9	0,5	ДРЛ
14	Склад огнеупоров	16-40	640	0,01	0,6	6,4	3,84	0	1	0	ЛН
15	Склад мелющих тел	68-28	1904	0,01	0,6	19,04	11,424	0	1	0	ЛН
16	Компрессорная	20-28	560	0,13	0,7	72,8	50,96	0	1	0	ЛН
17	Насосная	36-32	1152	0,13	0,7	149,76	104,83	0	1	0	ЛН
18	Автогараж	28-16	448	0,01	0,6	4,48	2,688	1,344	0,9	0,5	ДРЛ
19	Заводоуправление, столовая	96-28	2688	0,02	0,9	53,76	48,384	24,192	0,9	0,5	ДРЛ
20	Шиферный завод	44-92	4048	0,014	0,8	56,672	45,338	22,669	0,9	0,5	ДРЛ
21	Площадь территории	580-412	197616	0,005	1	988,08	988,08	494,04	0,9	0,5	ДРЛ

Таблица 2.3 – Расчет электрических нагрузок по цехам 0,4 кВ

Наименование	ЭП	R _{мин} / R _{макс}	∑P _н , кВт	м	K _и	cos/tg	P _{см}	Q _{см}	n	K _м	P _р	Q _р	S _р	I _р
1.Печной цех. ХКП. силовая	30	3,53	500	17,6	0,6	0,9/0,5	300	150	18	1,13	339	150		
осветительная											13,97	6,98		
итого											352,97	156,98	386,31	568,10
2.Печной цех. ГКП. силовая	32	5,5	600	10	0,6	0,9/0,5	360	180	24	1,14	410,4	180		
осветительная											13,97	6,98		
итого											424,37	186,98	463,71	681,92
3.Горизонтальный шламбассейн. силовая	20	4,55	300	13,7	0,7	0,85/0,6	210	128	10	1,16	243,6	140,91		
осветительная											25,80	12,90		
итого											269,40	153,81	310,22	456,20
4.Склад сырья. силовая	8	10,2	900	2	0,2	0,6/1,3	180	234	8	1,3	234	257,4		
осветительная											15,36	0		
итого											249,36	257,4	358,37	527,01
5.Отделение СМ силовая	4	1000	4000	1	0,5	0,8/0,75	2000	1500	4	1,14	2280	1650		
осветительная											12,96	6,48		
итого											2292,9	1656,48	2828,7	4159,85
6.Склад клинкера. силовая	15	5,35	300	7	0,3	0,75/1	105	105	17	1,11	116,55	105		
осветительная											10,08	0		
итого											126,63	105	164,49	241,89
7.Отделение ЦМ. силовая	24	20,9	700	4,5	0,5	0,8/0,75	350	262	15	1,21	423,5	288,75		
осветительная											16,56	8,28		
итого											440,06	297,03	530,92	780,76

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8.Сушильное отделение. силовая	22	19,75	500	3,9	0,4	0,85/0,6	200	122	13	1,32	264	134,2		
осветительная											37,2	18,6		
итого											301,2	152,8	337,7	496,61
9.Вертикальный шламбассейн. силовая	15	5,3	210	6	0,7	0,85/0,6	147	89	14	1,13	166,11	98,637		
осветительная											15,05	7,52		
итого											181,16	106,16	209,9	308,67
10.Цементные силосы. силовая	19	5,4	300	8	0,3	0,7/1	90	90	15	1,41	126,9	99		
осветительная											35,84	17,92		
итого											162,74	116,92	200,38	294,6
11.Материальный склад. силовая	12	1,4	150	40	0,3	0,8/0,75	45	33,7	7	1,8	81	33,75		
осветительная											6,72	0		
итого											87,72	33,75	93,98	138,20
12.Электромеханический силовая	36	4,3	250	7,5	0,3	0,7/1	75	75	16	1,41	105,75	82,5		
осветительная											10,752	5,376		
итого											116,50	87,87	145,88	214,5
13.Дымососы:силовая	2	630	1260	1	0,7	0,8/0,75	882	661	2	1,29	1137,7	661,5		
осветительная											81,53	40,76		
итого											1219,3	702,26	1406,9	2068,9
14.Склад огнеупоров силовая	10	5,15	50	3	0,3	0,8/0,75	15	11,2	6	1,88	28,2	11,25		
осветительная											3,84	0		
итого											32,04	11,25	33,95	49,92

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15.Склад мелющих тел силовая	8	5,14	40	2,8	0,3	0,8/0,75	12	9	8	1,72	20,64	9		
осветительная											11,424	0		
итого											32,06	9	33,29	48,95
16.Компрессорная силовая	15	1,25	100	25	0,6	0,7/1	60	60	8	1,3	78	60		
осветительная											50,96	0		
итого											128,96	60	142,1	208,97
17. Насосная силовая	10	50,1	700	5	0,6	0,7/1	420	420	28	1,14	478,8	462		
осветительная											104,83	0		
итого											583,63	462	744,3	1094,55
18.Автогараж силовая	15	1,2	80	20	0,2	0,7/1	16	16	8	1,99	31,84	16		
осветительная											2,688	1,344		
Итого											34,52	17,34	38,63	56,80
19.Заводоуправление, столовая силовая	35	1,45	500	45	0,4	0,9/0,5	200	100	22	1,21	242	110		
осветительная											48,38	24,19		
итого											290,38	134,19	319,8	470,29
20.Шиферный завод силовая	52	1,15	1350	15	0,3	0,7/1	472	472	180	1,05	496,12	519,75		
осветительная											45,337	22,66		
итого											541,46	542,41	747,4	1099,11
21.Территория. осветительная											1194,8	597,4	1135,8	1670,3
Итого по заводу											5550	3488,33	6397,15	9407,46

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 [8].

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 5550,01 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 3488,33 \text{ кВАр};$$

$$S_{p0,4} = 6397,15 \text{ кВА}.$$

Цементный завод относится ко 2 категории потребителей, завод работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 1000$ кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле [8]:

$$N_{т\ min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{5550,01}{0,8 \times 1000} = 7$$

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 [8]:

$$N_{т..э} = N_{\min} + m, \quad (2.4)$$

где m – дополнительное число трансформаторов.

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

$$Z_{п/ст}^* = 0,5; k_3 = 0,8; N_{\min} = 7; \Delta N = 0.$$

Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m = 0$, значит $N_{т..э} = 7$ 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 [8]:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{ТЗ} \times S_{НТ} \times K_3^2) - P_{р0,4}^2} = \sqrt{(7 \times 1000 \times 0,8)^2 - 5550,01^2} = 746,5 \text{ кВар.}$$

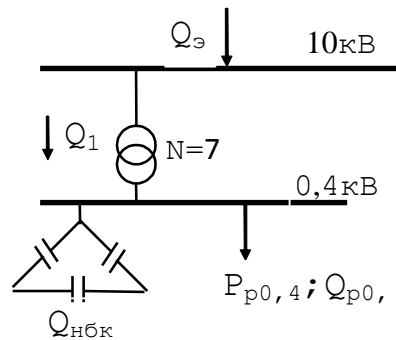


Рисунок 1.1

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{нбк1}$ [8]:

$$Q_{нбк1} + Q_1 = Q_{р0,4}, \quad (2.5)$$

отсюда

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} - Q_1 = 3488,33 - 746,5 = 2741,83 \text{ кВар.}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор [8]:

$$Q_{нбк\text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{ТЗ}} = \frac{2741,83}{7} \approx 391,69 \text{ квар.}$$

Принимаем батарею конденсаторов типа: УКЛН-0,38-450-150УЗ.

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

Таблица 2.4 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ ТП	№ цехов	Рр 0,4	Qр 0,4	Sp 0,4	Кз
ТП1 (2x1000) S _H =2x1000=2000кВА Q _{Hбк} =2x450=900кВАр итого	4,10,1,1311,18,17	1552,45	1085,158		
			-900		
		1552,45	185,158	1737,61	0,86
ТП2 (2x1000) ΣS _H =2x1000=2000кВА Q _{Hбк} =2x450=900кВАр итого	15,7,6,8,9,12,16, 14,19	1648,79	963,29		
			-900		
		1648,79	63,29	1712,08	0,85
ТП3-4 (3x1000) ΣS _H =3x1000=3000кВА Q _{Hбк} =3x450=1325кВАр итого	3,2,5,20,21	2415,94	1487,01		
			-1350		
		2415,94	137,01	2552,95	0,85

2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу

Определение потерь мощности в ТП [8].

Выбираем трансформаторы ТСЗ-4000-/10

$U_B = 10\text{кВ}$, $U_H = 0,4\text{кВ}$, $\Delta P_{xx} = 6,4\text{кВт}$, $\Delta P_{кз} = 33,5\text{ кВт}$, $I_{xx} = 0,9\%$, $U_{кз} = 6,5\%$

ТП1: $K_3 = 0,86$, $N = 2$

$$\Delta P_m = (6,4 + 33,5 \cdot 0,86^2) \cdot 2 = 62,353\text{кВт}$$

$$\Delta Q_m = (9 + 65 \cdot 0,86^2) \cdot 2 = 114,148\text{кВАр}$$

ТП2: $K_3 = 0,85$, $N = 2$

$$\Delta P_m = (6,4 + 33,5 \cdot 0,85^2) \cdot 2 = 61,2075\text{кВт}$$

$$\Delta Q_m = (9 + 65 \cdot 0,85^2) \cdot 2 = 111,925\text{кВАр}$$

ТП3-4: $K_3 = 0,85$, $N = 3$

$$\Delta P_m = (6,4 + 33,5 \cdot 0,85^2) \cdot 3 = 91,811\text{кВт}$$

$$\Delta Q_m = (9 + 65 \cdot 0,85^2) \cdot 3 = 167,887\text{кВАр}$$

Суммарные потери в трансформаторах [8]:

$$\Sigma P = 62,353 + 61,207 + 91,811 = 215,371\text{кВт};$$

$$\Sigma Q = 114,148 + 111,925 + 167,887 = 393,96 \text{ кВАр.}$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей.

Расчет параметров СД отдельно сырьевых мельниц.

$$P_{н\text{СД}} = 1000 \text{ кВт; } N_{\text{СД}} = 4; \quad k_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД, тип СДН-10-1000 [8]:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 1000 \times 4 \times 0,85 = 3400 \text{ кВт.}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 3400 \times 0,9 = 3060 \text{ кВАр.}$$

Для компенсации реактивной мощности на стороне ВН используем СД 16-го цеха.

$$P_{н\text{СД}} = 1000 \text{ кВт; } N_{\text{СД}} = 4; \quad k_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД, тип СДН-10-1000 [8]:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 1000 \times 4 \times 0,85 = 3400 \text{ кВт,}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 3400 \times 0,9 = 3060 \text{ кВАр.}$$

Расчет параметров СД дымососов

$$P_{н\text{СД}} = 630 \text{ кВт; } N_{\text{СД}} = 2; \quad k_3 = \beta = 0,85.$$

Определим расчетные мощности для СД, тип СДН-10-630 [8]:

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 630 \times 2 \times 0,85 = 1071 \text{ кВт,}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 1071 \times 0,9 = 963,9 \text{ кВАр.}$$

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП.

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

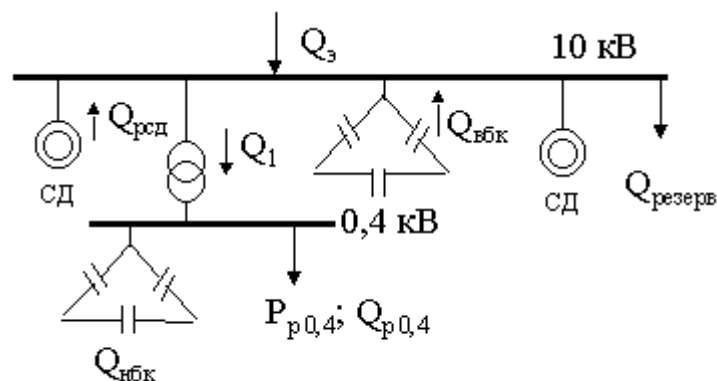


Рисунок 2.2.

Резервная мощность [8]:

$$Q_{рез} = 0,1 \times \Sigma Q_{расч} = 0,1 \times (Q_{p0,4} + \Delta Q_T); \quad (2.6)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \times (3488,33 + 351,964) = 384,029 \text{кВАр.}$$

Мощность, поступающая от энергосистемы [8]:

$$Q_э = 0,23 \times \Sigma P_p = 0,25 \times (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{сд}) \quad (2.7)$$

$$Q_э = 0,23 \times (5550,01 + 71,663 + 6800) = 2856,984 \text{кВАр.}$$

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности [8]:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{рез} - Q_э - Q_{сд} - Q_{НБК} \quad (2.8)$$

$$Q_{ВБК} = 3488,33 + 102,148 - 2856,984 - 2741,81 + 384,029 - 6800 = -846,62 \text{кВАр.}$$

Установка ВБК не нужна.

Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу приведены в таблице 2.5 - Уточненный расчет нагрузок по заводу.

Таблица 2.5-Уточненный расчет мощности по промышленному предприятию

	№ цеха	n	Rмин-Rmax	сумма Pн	Ки	Pсм	Qсм	пэ	Км	Pp	Qp	Sp	Кз
ТП1 (2*1000)	4	8	10,2	900		180	234						
	10	19	5,4	300		90	90						
	1	30	3,55	500		300	150						
	13	0	0	0		0	0						
	11	12	1,4	150		45	33,75						
	18	15	1,2	80		16	16						
	17	10	50,1	700		420	420						
силовая		94	50	2630	0,39	1051	943,75	105	1,1	1156,1	943,75		
осветительная										245,707	67,012		
Qнбк											-900		
Итого										1401,81	1010,76	1512,57	0,75629
											110,762		
ТП2 (2*1000)	15	8	5,14	40		12	9						
	7	24	20,9	700		350	262,5						
	6	15	5,35	300		105	105						
	8	22	19,75	500		200	122						
	9	15	5,3	210		147	89,67						
	12	36	4,3	250		75	75						
	16	15	1,25	100		60	60						
	14	10	5,15	50		15	11,25						
	19	35	1,45	500		200	100						
силовая		180	20	2650	0,43	1164	834,42	70	1,1	1280,4	834,42		

Продолжение таблицы 2.5

осветительная										205,069	63,972		
Qнбк											-900		
итого										1485,47	-1,608	1483,86	0,74193
ТПЗ (3*1000)	3	20	4,55	300		210	128						
	2	32	5,5	600		360	180						
	5	0	0	0		0	0						
	20	62	1,15	1350		472,5	472,5						
	21	0	0	0		0	0						
силовая		114	5	2250	0,46	1042,5	780,5	122	1,07	1115,48	780,5		
осветительная										1086,14	543,06		
Qнбк											-1350		
итого										2201,62	-26,44	2175,18	0,72506
Итого										5088,89	81,106	6655,47	

3 Выбор схемы внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от ТЭЦ соседнего завода. На ТЭЦ установлено четыре турбогенератора мощностью по 60 МВА напряжением 10,5 кВ. Генератор работает параллельно. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция из двух отдельно работающих трансформаторов мощностью по 40 МВА. Расстояние от ТЭЦ до завода 6 км. Стоимость электроэнергии 14 тг/кВтч. Завод работает в три смены.

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

1. I вариант – ЛЭП 35 кВ.
2. II вариант – ЛЭП 10 кВ.

3.1. I Вариант

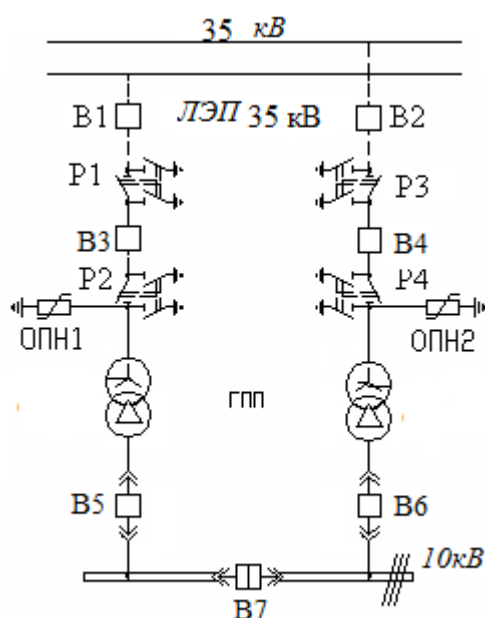


Рисунок 3.1. - I вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

1. Выбираем трансформаторы ГПП [8]:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{12959,8^2 + 2856,984^2} = 13270,9 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 10000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{13270,9}{2 \cdot 10000} = 0,66$$

Паспортные данные трансформатора:

Тип трансформатора ТДНС –10000/35;

$S_H=10000$ кВА, $U_{BH}=36,75$ кВ, $U_{HH}=10,5$ кВ, $\Delta P_{xx}=8,5$ кВт, $\Delta P_{кз}=60$ кВт,
 $U_{кз}=8\%$, $I_{xx\bar{e}}=0,3\%$.

Потери мощности в трансформаторах [8]:
активной:

$$\Delta P_{mgnn} = 2 \cdot (P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (8,5 + 60 \cdot 0,66^2) = 96,2 \text{ кВт.}$$

реактивной:

$$\Delta Q_{mgnn} = 2 \cdot (I_{xx} \cdot S_H + U_{кз} \cdot S_H \cdot K_3^2);$$

$$\Delta Q_{mgnn} = 2 \cdot \left(\frac{0,3}{100} \cdot 10000 + \frac{8}{100} \cdot 10000 \cdot 0,66^2 \right) = 639,6 \text{ кВАр.}$$

Потери энергии в трансформаторах.

При трехменном режиме работы $T_{вкл}=6000$ ч. $T_{макс}=6000$ ч.

Тогда время максимальных потерь [8]:

$$\tau = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4591 \text{ ч.}$$

Потери активной мощности в трансформаторах [8]:

$$\Delta W = 2(\Delta P_{xx} \times T_{вкл} + \Delta P_{кз} \times \tau \times K_3^2);$$

$$\Delta W = 2(8,5 \times 6000 + 60 \times 4591 \times 0,66^2) = 341980,75 \text{ кВтч}$$

2.ЛЭП –37 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП [8]:

$$S_{лэн} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{mgnn} \right)^2 + Q_9^2} = \sqrt{(13270,9 + 96,2)^2 + 2856,98^2} = 13669,01 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии [8]:

$$I_p = \frac{S_{лэн}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{13669,01}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 37} = 108,6 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 108,6 = 217,2 \text{ A}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{108,6}{1,1} = 98,72 \text{ мм}^2$$

где $j=1,1 \text{ A/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_M=6000\text{ч}$ и алюминиевых проводах.

АС-120 с $I_{\text{доп}}=380\text{A}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе [8]:

$$I_{\text{доп}} = 380 \text{ A} > I_p = 108,6 \text{ A}.$$

При аварийном режиме [8]:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times I_{\text{доп}} = 1,3 \times 380 = 494 \text{ A} > I_{\text{ав}} = 217,2 \text{ A}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП [8]:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 108,6^2 \cdot 0,27 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 4591 = 526299,8 \text{ кВтч}$$

где $r_0=0,27 \text{ Ом/км}$ - удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 120 мм^2 , $l=6 \text{ км}$ - длина линии.

3. Выбор выключателей и разъединителей на $U=35 \text{ кВ}$.

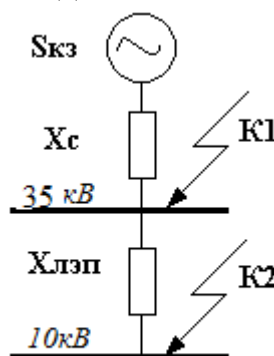


Рис. 3.2.

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.2.) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е. [8]

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; U_6 = 37 \text{ кВ}.$$

$$x_c = S_6 / S_c = 1000 / 800 = 1,25 \text{ о.е.},$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15,89 \text{ кА};$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,33 \cdot 6 \cdot \frac{1000}{37^2} = 1,440 \text{ о.е.}$$

$$Ik1 = \frac{I_6}{X_c} = \frac{15,89}{1,25} = 12,71 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik1 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,71 = 32,034 \text{ кА};$$

$$Ik = \frac{I_6}{X_c + X_L} = \frac{15,89}{1,25 + 1,440} = 5,9 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik2 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,9 = 12,95 \text{ кА}.$$

Выбираем выключатели В1 и В2

Выключатель ВГБ-35-12,5/630:

$$\begin{aligned} U_p &= 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ}; \\ I_{ном} &= 630 \text{ А} > I_{ав} = 217,3 \text{ А}; \\ I_{откл} &= 12,5 \text{ кА} > I_{к1} = 5,9 \text{ кА}; \\ I_{пред} &= 35 \text{ кА} > i_y = 12,95 \text{ кА}. \end{aligned}$$

Выбираем разъединители Р1-4

Разъединитель РДЗ -35/1000 УХЛ1:

$$\begin{aligned} U_p &= 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ}; \\ I_{ном} &= 1000 \text{ А} > I_{ав} = 217,3 \text{ А}; \\ I_{терм} &= 20 \text{ кА} > I_{к1} = 5,9 \text{ кА}; \\ I_{дин} &= 50 \text{ кА} > i_y = 12,95 \text{ кА}. \end{aligned}$$

Выбираем выключатели В3 и В4

Выключатель ВГБ-35-12,5/630:

$$\begin{aligned} U_p &= 35 \text{ кВ} = U_H = 35 \text{ кВ}; \\ I_{ном} &= 630 \text{ А} > I_{ав} = 217,3 \text{ А}; \\ I_{откл} &= 12,5 \text{ кА} > I_{к1} = 5,9 \text{ кА}; \\ I_{пред} &= 35 \text{ кА} > i_y = 12,95 \text{ кА}. \end{aligned}$$

Выбираем ограничители перенапряжений АBB PEXLIM-R-35.

Расчет затрат на I вариант.

Затраты на выключатели В1-4:

$$K_{В1-2} = 4 \times 100000 = 400000 \text{ тг.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-4} = 2 \times 77750 = 155500 \text{ тг.}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{\text{ОПН1-4}}=2 \times 54000=108000 \text{тг.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}}=2 \times 24250000=48500000 \text{тг.}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{\text{об}}=K_{\text{В1-4}}+K_{\text{Р1-4}}+K_{\text{ОПН1-4}}+K_{\text{тр ГПП}}+K_{\text{ЛЭП}};$$

(3.1)

$$K_{\text{об}}=400000+155500+108000+48500000+13500000=62663500 \text{тг.}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}}=2250000 \text{ тг./км.}$$

$$K_{\text{ЛЭП}}=L \times K_{\text{уд}}=6 \times 2250000=13500000 \text{ тг.}$$

Определим издержки

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}}=0,028 \times K_{\text{ЛЭП}}=0,028 \times 13500000=3780000 \text{тг.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}}=0,028 \times K_{\text{ЛЭП}}=0,028 \times 13500000=3780000 \text{тг.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}}=0,03 \times K_{\text{об}}=0,03 \times 62663500=1879905 \text{тг.}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{\text{а об}}=0,063 \times K_{\text{об}}=0,063 \times 62663500=3947800 \text{тг.}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}}=C_{\text{о}} \times (W_{\text{тр гпп}}+W_{\text{лэп}})=14 \times (700722,69+237614,59)=13136721,92 \text{тг.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1} = I_a + I_{\text{пот}} + I_{\Sigma}, \quad (3.2)$$

$$I_{\Sigma 1} = 3780000 + 3780000 + 1879905 + 3947800 + 13136721,92 = 26,5 \text{ млн.тг.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_1 = 0,12 \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1} = 0,12 \times 62663500 + 26524426,92 = 34 \text{ млн.тг.}$$

3.2. II ВАРИАНТ

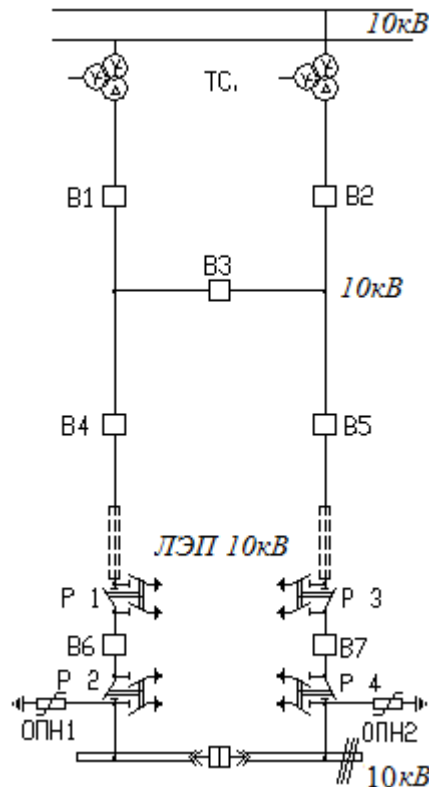


Рисунок 3.2-Второй вариант схемы электроснабжения.

ЛЭП – 10,5кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП [8]:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{12,959,8^2 + 2856,98^2} = 13270,9 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии [8]:

$$I_p = \frac{S_{\text{лэп}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{13270,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 365,2 \text{ А.}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 365,2 = 730,5 \text{ А.}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{365,2}{1,1} = 332 \text{ мм}^2$$

где $j=1,1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_M=6000\text{ч}$ и алюминиевых проводах.

Для выполнения данной передачи электроэнергии необходимо использовать 4хАС 120/12.

АС–120/12 с $I_{\text{доп}}=380\text{А}$.

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе [8]:

$$I_{\text{доп}} = 380 \cdot 4 = 1520 \text{ А} > I_p = 365,2 \text{ А.}$$

При аварийном режиме [8]:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 1520 = 1976 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 730,5 \text{ А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП [8]:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot r_0 / 4 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 365,2^2 \cdot 0,405 \cdot 10^{-3} \cdot 4591 \cdot 6 = 8927427,963 \text{ кВтч}$$

где $r_0=0,27 \text{ Ом/км}$ – удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 120 мм^2 , $l=6 \text{ км}$ – длина линии.

Выбираем трансформатор энергосистемы

ТДТН – 40000-115/37/10,5 [8]

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{13270,9}{2 \cdot 40000} = 0,16$$

3. Выбор выключателей и разъединителей на $U=10 \text{ кВ}$.

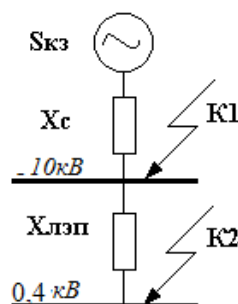


Рис. 3.2.

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.2.) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е. [8]

$$S_6=1000 \text{ МВА}; U_6=10,5 \text{ кВ.}$$

$$x_c = S_6 / S_c = 1000/800=1,25 \text{ о.е.}, \quad I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 56,02 \text{ кА};$$

$$X_{Л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,323/4 \cdot 6 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 4,35 \text{ о.е.}$$

$$X_{тр} = U_H \cdot S_6 / 100 \cdot S_H = 10,5 \cdot 1000 / 100 \cdot 40 = 2,62$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c + X_{тр}} = \frac{56,02}{1,25 + 2,62} = 14,47 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 14,47 = 36,46 \text{ кА};$$

$$I_k = \frac{I_6}{X_c + X_{л} + X_{тр}} = \frac{56,02}{1,25 + 2,62 + 4,35} = 6,79 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 6,79 = 17,11 \text{ кА.}$$

$$I_p = \frac{S_{аа.тр}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 1101 \text{ А.} \quad I_{ав} = 2I_p = 2 \cdot 1101 = 2202 \text{ А}$$

Выбираем выключатели В1, В2, В3, В4, В5

В1 и В2 тип ВВЭ -10-31,5/3150У3

В4 и В5 тип ВВЭ - 10-31,5/1600У3

В3 тип ВВЭ – 10-31,5/1000У3

Таблица 3.1

Паспортные данные	В1 и В2	В4 и В5	В3
U _н = 10кВ	10	10	10
I _н = 3150 А	I _{ав} = 2202 А	-	-
I _н = 1600 А	-	I _р = 1101 А	-
I _н = 1000 А	-	-	I _{ав} = 329,94
I _{скв} = 80 кА	I _{к1} = 14,47	I _{к2} = 6,79	I _{к1} = 14,47
I _{пред} = 31,5 кА	0,103	0,206	0,32

Выбираем разъединители Р1-4

Разъединитель РЛНД – 1-10/2000 УХЛ1:

$$U_p = 10 \text{ кВ} = U_H = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 2000 \text{ А} > I_{ав} = 1101 \text{ А};$$

$$I_{терм} = 15,75 \text{ кА} > I_{к1} = 6,79 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дин}}=80\text{кА}>i_y=17,11\text{кА.}$$

Выбираем ограничители перенапряжений ОПН – Ф – 10УХЛ – ЗЭУ.

Расчет затрат на II вариант.

Затраты на выключатели В1-4:

$$K_{В1-2}=0,26*2*425000=175100\text{тг.}$$

$$K_{В4-5}=2*375000=750000\text{тг.}$$

$$K_{В3}=0,32*325000=104000\text{тг.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-2}=2*2650=5300\text{ тг.}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{\text{ОПН}}=2*1280000=2560000\text{тг.}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}}=0,103*2*21440000=4416640\text{тг.}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{\text{об}}=K_{В1-4}+K_{Р1-4}++K_{\text{ОПН1-4}}+K_{\text{тр ГПП}}+K_{\text{ЛЭП}};$$

$$K_{\text{об}}=175100+750000+104000+5300+2560000+4416640+21120000=29131040\text{тг}$$

Затраты на ЛЭП:

$$K_{\text{ЛЭП}}=6*8*440000=21120000\text{ тг.}$$

Определим издержки

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}}=0,028\times K_{\text{ЛЭП}}=0,028\times 21120000=591360\text{тг.}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}}=0,035\times K_{\text{ЛЭП}}=0,028\times 21120000=739200\text{тг.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}}=0,03 \times K_{\text{об}}=0,03 \times 8011040=240331 \text{ тг.}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{\text{а об}}=0,063 \times K_{\text{об}}=0,063 \times 8011040=504695 \text{ тг.}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}}=C_0 \times W_{\text{тр гпп}}=14 \times 298119,02=4173666,28 \text{ тг.}$$

$$I_{\Sigma 1}=591360+739200+240331+504695+4173666,28=41,7 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_1=0,12 \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1}=0,12 \times 29131040 + 41757416=45,2 \text{ млн. тг.}$$

Таблица 3.2 - Результаты ТЭР.

Вариант	$U_{\text{ном}}$, кВ	K_{Σ} млн. тг.	I_{Σ} млн. тг.	Z млн. тг.
I	35	62,6	26,5	34
II	10	29,1	41,7	45,2

Выбираем I вариант, так как, несмотря на большие затраты, в линии 35кВ и трансформаторах ГПП в этом случае меньше потери, т.е. данный вариант более экономически выгодный.

4 Выбор оборудования U=10 кВ

4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП

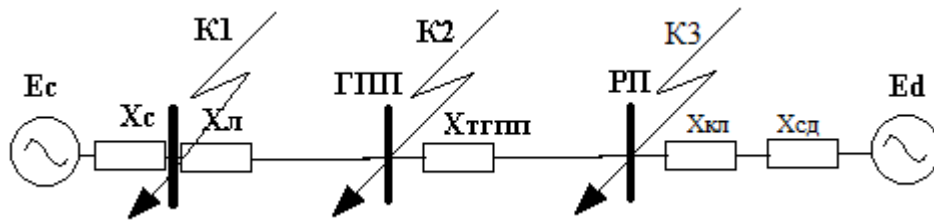


Рисунок 4.1 - Схема замещения

1. Для отдельно сырьевых мельниц СД (4х1000=4000кВт): [8]
 $S_6=1000$ МВА; $x_c=1,25$ о.е.; $U_6=10,5$ кВ.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{кА};$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,326 \cdot 6 \cdot \frac{1000}{35^2} = 1,59 \text{о.е.}$$

$$X_{тгпп} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_n} = \frac{1000 \cdot 10,5}{100 \cdot 10} = 10,5 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от системы на шинах ГПП: [8]

$$I_{К-3} = \frac{I_6}{X_c + X_{тгпп} + X_L} = \frac{55}{1,25 + 10,5 + 1,59} = 4,12 \text{кА.}$$

Мощность СД равна 1111,1кВА.

$$X_d = X_{dII} \cdot \frac{S_6}{N \cdot S_n} = 0,2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{8 \cdot 1111,1} = 22,5 \text{о.е.}$$

$$I_{нсд} = \frac{S_{нсд} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1111,1 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 51,9 \text{А}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$F_3 = \frac{I_{НСД}}{j_3} = \frac{51,9}{1,4} = 37,07 \text{ м}^2;$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{tn} = 12 \cdot 4,62 \cdot \sqrt{0,4} = 35,06 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х50) с $I_{\text{доп}}=140\text{А}$, $X_{\text{уд}}=0,09\text{Ом/км}$.

$$X_{к1} = L \cdot X_{\text{уд}} \cdot \frac{S_{\bar{б}}}{N \cdot U_{\text{ср}}^2} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot \frac{1000}{8 \cdot 10,5^2} = 0,03 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от СД [8]:

$$I_{КСД} = \frac{E_{СД} \cdot I_{\bar{б}}}{X_{КЛ} + X_{СД}} = \frac{1,1 \cdot 55}{0,03 + 22,5} = 2,68 \text{ кА.}$$

2. Для дымососов СД (2х630=1260кВт) [8]:

Мощность СД равна 700кВА.

$$X_d = X_{d\Pi} \cdot \frac{S_{\bar{б}}}{N \cdot S_{\text{H}}} = 0,2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{8 \cdot 700} = 35,71 \text{ о.е.}$$

$$I_{НСД} = \frac{S_{НСД} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{700 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 48,65 \text{ А.}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$F_3 = \frac{I_{НСД}}{j_3} = \frac{48,65}{1,4} = 34,75 \text{ м}^2;$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{tn} = 12 \cdot 4,62 \cdot \sqrt{0,4} = 35,06 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х50) с $I_{\text{доп}}=140\text{А}$, $X_{\text{уд}}=0,09\text{Ом/км}$.

$$X_{к1} = L \cdot X_{\text{уд}} \cdot \frac{S_{\bar{б}}}{N \cdot U_{\text{ср}}^2} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot \frac{1000}{8 \cdot 10,5^2} = 0,03 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от СД [8]:

$$I_{КСД} = \frac{E_{СД} \cdot I_{\bar{б}}}{X_{КЛ} + X_{СД}} = \frac{1,1 \cdot 55}{0,12 + 35,71} = 1,69 \text{ кА.}$$

Суммарный ток КЗ в точке К-3 [8]:

$$I_{\text{КЗ}} = I_{\text{КСС1-2}} + I_{\text{КСС3-4}} + I_{\text{К-3}} = 1,69 + 2,68 + 4,26 = 8,99 \text{ кА.}$$

Суммарный ударный ток в точке К-3 [8]:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗ}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 8,99 = 22,65 \text{ кА.}$$

3. Для компрессорная СД (4x1000=4000кВт) [8]

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; x_c = 1,25 \text{ о.е.}; U_6 = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{ кА};$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,326 \cdot 6 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,147 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{ГПП}} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_n} = \frac{1000 \cdot 10,5}{100 \cdot 10} = 10,5 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от системы на шинах ГПП [8]:

$$I_{\text{К-3}} = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{ГПП}} + X_L} = \frac{55}{1,25 + 10,5 + 1,59} = 4,12 \text{ кА.}$$

Мощность СД равна 1111,1кВА.

$$X_d = X_{d\Pi} \cdot \frac{S_6}{N \cdot S_H} = 0,2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{8 \cdot 1111,1} = 22,5 \text{ о.е.}$$

$$I_{\text{НСД}} = \frac{S_{\text{НСД}} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1111,1 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 51,9 \text{ А}$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$F_3 = \frac{I_{\text{НСД}}}{j_3} = \frac{51,9}{1,4} = 37,07 \text{ м}^2;$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_n} = 12 \cdot 4,62 \cdot \sqrt{0,4} = 35,06 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3x50) с $I_{\text{доп}}=140\text{А}$, $X_{\text{уд}}=0,09\text{Ом/км}$.

$$X_{к1} = L \cdot X_{\text{уд}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{N \cdot U_{\text{ср}}^2} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot \frac{1000}{8 \cdot 10,5^2} = 0,03 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания от СД [8]:

$$I_{\text{КСД}} = \frac{E_{\text{СД}} \cdot I_{\text{б}}}{X_{\text{кЛ}} + X_{\text{СД}}} = \frac{1,1 \cdot 55}{0,03 + 22,5} = 2,68 \text{ кА.}$$

4.2 Выбор выключателей

1. Вводные:

$$S_p = 13270,9 \text{ кВА}$$

Расчетный ток [8]:

$$I_P = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{13270,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 365,2 \text{ А.}$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 365,2 = 730,5 \text{ А.}$

Принимаем выключатель ВВЭ-10-40/630У3

Проверим выбранный выключатель:

Таблица 4.1

Паспортные	Расчетные
$U_N=10 \text{ кВ}$	$U=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ном}}=630 \text{ А}$	$I_{\text{ав}}=730,5 \text{ А}$
$I_{\text{откл}}=40 \text{ кА}$	$I_{\text{кз}}=4,12 \text{ кА}$
$I_{\text{терм}}=40 \text{ кА}$	$I_{\text{кз}}=4,12 \text{ кА}$
$I_{\text{дин}}=40 \text{ кА}$	$I_y=22,65 \text{ кА}$
Электромагнитный привод	

Секционный выключатель: через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, аварийный ток, проходящий через выключатель: $I_{\text{АВ}}=321,27 \text{ А.}$

Принимаем выключатель ВВЭ-10-40/630У3:

Проверим выбранный выключатель:

Таблица 4.2

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =730,5 А
I _{откл} =40 кА	I _{кз} =4,12кА
I _{терм} =40 кА	I _{кз} =4,12кА
I _{дин} =40 кА	I _у =22,65кА
Электромагнитный привод	

1. Линия ГПП-ТП-1 [8]:

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}; \quad (4.1)$$

$$S_p = \sqrt{(1401,81 + 20,758)^2 + (110,762 + 102,148)^2} = 1438,4 \text{ кВА};$$

Расчетный ток:
$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1438,4}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 39,59 \text{ А}.$$

Аварийный ток:
$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 39,59 = 53,88 \text{ А}.$$

Принимаем выключатель ВВЭ-10-31,5/630У3:

Проверим выбранный выключатель:

Таблица 4.3

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =39,59А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =4,12кА
I _{терм} =31,5 кА	i _у =22,65кА
I _{откл} ² ·t _{срв} =3962кА ² ·с	I _{кз} ² ·t _{срз} =323,28кА ² ·с
Электромагнитный привод	

2. Линия ГПП-ТП-2 [8]:

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}; \quad (4.2)$$

$$S_p = \sqrt{(1485,47 + 20,362)^2 + (-1,608 + 99,925)^2} = 1509,03 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток:
$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1509,03}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 41,53 \text{ А}.$$

Аварийный ток:
$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 41,53 = 83,07 \text{ А}.$$

Принимаем выключатель ВВЭ-10-31,5/630У3:

Проверим выбранный выключатель:

Таблица 4.4

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =83,07А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =4,12кА
I _{терм} =31,5 кА	i _y =22,65кА
I _{откл} ² ·t _{срв} =3962кА ² ·с	I _{кз} ² ·t _{срз} =323,28кА ² ·с
Электромагнитный привод	

3. Линия ГПП-ТП-3 [8]:

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2}; \quad (4.3)$$

$$S_p = \sqrt{(2201,62 + 30,543)^2 + (-26,44 + 149,887)^2} = 2235,57 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток:
$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2235,57}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 61,53 \text{ А}.$$

Аварийный ток:
$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 61,53 = 123,07 \text{ А}.$$

Принимаем выключатель ВВЭ-10-31,5/630У3:

Проверим выбранный выключатель:

Таблица 4.5

Паспортные	Расчетные
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _{ном} =630А	I _{ав} =123,07А
I _{откл} =31,5 кА	I _{кз} =4,12кА
I _{терм} =31,5 кА	i _y =22,65кА
I _{откл} ² ·t _{срв} =3962кА ² ·с	I _{кз} ² ·t _{срз} =323,28кА ² ·с
Электромагнитный привод	

4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,9 \text{ А}$$

Выбираем выключатель ВВЭ-10-31,5/630УЗ

4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1470,5 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель ВВЭ-10-31,5/1000УЗ

4.6 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{\text{ном ТТ}} \geq U_{\text{ном уст-ки}}$;
2. по току: $I_{\text{ном ТТ}} \geq I_{\text{расч}}$;
3. по электродинамической стойкости:
4. по вторичной нагрузке: $S_{\text{н2}} \geq S_{\text{нагр расч}}$;
5. по термической стойкости: $I_T^2 t_T > Вк$;
6. по конструкции и классу точности.

1. Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 4.6– Нагрузка ТТ

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Е350М	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-151	0,5	-	0,5
Var	Э-365	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} \quad (4.4)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле [8]:

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

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{нТТ}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

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

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АПВ; $F=1,5 \text{ мм}^2$ [8];

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА};$$

Примем трансформатор тока КОКС 24 АВВ

Таблица 4.7

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=730,5 \text{ А}$	$I_{\text{н}}=750 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=22,65 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}}=9,25 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}}=10 \text{ ВА}$

2. Трансформатор тока на линии ГПП-ТП-1:

Таблица 4.8

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
A	E350M	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-151	0,5	-	0,5
Var	Э-365	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к.тов}} \quad (4.5)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2н} = \frac{S_{2н\text{тг}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

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

Допустимое сопротивление проводов [8]:

$$r_{\text{доп}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АПВ; $F = 1,5 \text{ мм}^2$ [8];

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к.тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА};$$

Примем трансформатор тока ТРУ 4 АВВ

Таблица 4.9

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=53,88$ А	$I_H=100$ А
$i_{уд}=22,65$ кА	$I_{дин}=25$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

3. Трансформатор тока на линии ГПП-ТП-2:

Таблица 4.10

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Е350М	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-151	0,5	-	0,5
Var	Э-365	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

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:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2н} = \frac{S_{2нтт}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом.}$$

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов [8]:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом.}$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АПВ; $F=1,5 \text{ мм}^2$; 0

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА};$$

Примем трансформатор тока ТРУ 4 АВВ

Таблица 4.11

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 142,95 \text{ А}$	$I_H = 200 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 22,65 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 9,25 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

4. Трансформатор тока на линии ГПП-ТП-3:

Таблица 4.12

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Е350М	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-151	0,5	-	0,5
Var	Э-365	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

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

Сопrotивление приборов определяется по формуле [8]:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2H} = \frac{S_{2HTT}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов [8]:

$$r_{\text{доп}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом.}$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимая провод АПВ; $F=1,5 \text{ мм}^2$ [8];

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА};$$

Примем трансформатор тока ТРУ 4 АБВ

Таблица 4.13

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{ав} = 51,26 - 54,74 \text{ А}$	$I_H = 100 \text{ А}$
$i_{уд} = 22,65 \text{ кА}$	$I_{дин} = 25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 9,25 \text{ ВА}$	$S_{2н} = 10 \text{ ВА}$

5. Трансформатор тока на линии ГПП-СД1:

Таблица 4.14

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Е350М	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-151	0,5	-	0,5
Var	Э-365	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

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:

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

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{нГТ}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

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

Допустимое сопротивление проводов [8]:

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АПВ; $F = 1,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА};$$

Примем трансформатор тока ТРУ 4 АВВ

Таблица 4.15

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{р}} = 51,9 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 100 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 22,65 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
$S_{2\text{расч}} = 9,25 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}} = 10 \text{ ВА}$

6. Трансформатор тока на линии ГПП-СД2:

Таблица 4.16

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
A	E350M	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-151	0,5	-	0,5
Var	Э-365	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

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:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2н} = \frac{S_{2н\text{тг}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

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

Допустимое сопротивление проводов [8]:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2н} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 0,5}{0,44} = 0,032 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АПВ; $F = 1,5 \text{ мм}^2$ [8];

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 0,5}{1,5} = 0,0093 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,0093 + 0,1 = 0,37 \text{ Ом}$$

$$S_{2\text{пров}} = R_2 \cdot I_2^2 = 0,37 \cdot 5^2 = 9,25 \text{ ВА};$$

Примем трансформатор тока ТРУ 4 АВВ

Таблица 4.16

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_p=46,2$ А	$I_H=100$ А
$i_{уд}=22,65$ кА	$I_{дин}=25$ кА
$S_{2расч}=9,25$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

4.7 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
2. по конструкции и схеме соединения

На шины ГПП.

Таблица 4.17

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	Q_{Σ} , вар
V	Э-335	3	1	1	0	1	3	-
W	Д-335	2,5	2	0,4	0,93	1	2	4,65
	И-335	2,5	2	0,4	0,93	1	2	4,65
Varh	САЗ-И681	2	2	0,4	0,93	10	16	37
Varh		СР4-И689	2	2	0,4	0,93	10	16
Итого							39	83,3

Расчетная вторичная нагрузка [8]:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{39^2 + 83,3^2} = 92 \text{ ВА.}$$

Принимаем ТН типа TDC 4 АВВ

Таблица 4.18

$U_{HT}=10$ кВ	$U_{HT}=10$ кВ
$S_{H2}=100$ ВА	$S_{p2}=92$ ВА
Схема соединения обмоток Y_0/Y_0	

4.8 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 АДЗ1Т 6х50мм; $I_{доп}=740$ А (одна полоса на фазу), $I_{ав}=698,38$ А; $i_{уд}=14,9$ кА.

а) проверка по аварийному току [8]:

$$I_{доп}=740\text{А} \geq I_{ав}=698,38\text{А};$$

б) проверка по динамической стойкости к $I_{кз}$ [8]:

$$i_{дин}=25\text{кА} \geq i_{уд}=14,9\text{кА};$$

в) проверка по механической стойкости: $\sigma_{доп}=91$ кгс/см² [8]:

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega};$$

$$\omega = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot 6^2}{6} = 300\text{мм}^3;$$

$$F_p = \frac{1,76 \cdot 10^{-7} \cdot i_{уд}^2 \cdot L}{a} = \frac{1,76 \cdot 10^{-7} \cdot 14,9^2 \cdot 10^6 \cdot 0,16}{0,25} = 250\text{кгс};$$

$$F_{мин} = \alpha \cdot I_{кк} \cdot \sqrt{t} = 12 \cdot 5,87 \cdot \sqrt{0,8} = 63\text{мм}^2 \leq 300\text{мм}^2 (50 \times 6);$$

$$\sigma_{расч} = \frac{F_p \cdot L}{10\omega} = \frac{250 \cdot 0,16}{10 \cdot 300} = 13,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_{доп} = 91 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

где $a=0,25$ м-расстояние между изоляторами;

$L=0,16$ м-высота изолятора;

$b=30$ мм - ширина одной полосы;

$h=4$ мм - высота шины.

Из условий получаем, что шины динамически устойчивы.

4.9 Выбор изоляторов ГПП

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

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

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

$F_{\text{разруш}}$ – разрушающая нагрузка на изгиб. [8]

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot i^2 \cdot L}{a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot 14,9^2 \cdot 1}{0,25} = 1536,3 \text{ кгс};$$

Выбираем изолятор типа ИО-10-3,75 УЗ с $F_{\text{разр}} = 3750$ кгс.

$F_{\text{доп}} = 0,6F_{\text{разруш}} = 2250$ кгс. ($> 1536,3$ кгс)

Условие выполняется.

5 Проектирование наружного освещения территории завода

5.1 Светодиоды

Светодиоды, или светоизлучающие диоды (в английском варианте LED - light emitting diodes) хорошо известны каждому как миниатюрные индикаторы (обычно красного или зеленого цвета), применяемые в аудио- и видеоаппаратуре и в бытовой технике. Чтобы понять, почему этим маленьким "огонькам" пророчат большое будущее, рассмотрим подробнее их устройство, характеристики, принципы работы и историю создания и развития.

Светодиод - далее "СИД" (светоизлучающий диод), представляет собой полупроводниковый прибор, который при определенных условиях начинает светиться. Никакой связи с дедушкиной лампой накаливания он не имеет, в нем нет нити накаливания, нет вакуумной колбы. СИД устроен так: два прижатых друг к другу кристалла с определенными добавками, к ним приделаны две контактные ножки и все это залито оргстеклом. При подаче напряжения на ножки, частицы из двух кристаллов устремляются друг к другу и при соударении выделяют фотоны, т.е. выделяют свет. У современных ярких СИД место вокруг кристалла покрывают люминесцентным веществом, которое тоже добавляет яркости. СИД, прежде всего, является диодом (главное свойство диода - пропускать ток только в одном направлении), поэтому зажигается он только при правильном подключении полярности. При ошибке СИД просто не включится и на его здоровье это не отразится. Чтобы не перепутать полярность, необходимо знать, что ножки у него разной длины. Это сделано специально - самая длинная ножка является плюсом. Если вы вдруг обрезали ножки, то если внимательно взглянуть внутрь конструкции, можно увидеть, что на одной ножке сделано подобие кровати для кристалла, а от второй ножки к кристаллу подходит лишь тончайший проводок. Так вот, ножка с кроватью является минусом. Еще один признак полярности - у минусовой ножки немного спилена юбочка.



Рисунок 5.1- Конструкция светодиода

СИД почти во всех случаях выгодно заменяет лампы накаливания. Основные плюсы - ничтожное потребление тока, более 60.000 часов гарантированной работы, не выделяет тепла, нечувствителен к вибрации, выдерживает небольшие механические повреждения, отсутствует излучение в инфракрасном и ультрафиолетовом спектре (за исключением специальных).

Работа светодиода.

Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в области р-п-перехода. Значит, прежде всего нужен р-п-переход, то есть контакт двух полупроводников с разными типами проводимости. Для этого контактные слои полупроводникового кристалла легируют разными примесями: по одну сторону акцепторными, по другую — донорскими.

Но не всякий р-п-переход излучает свет. Во-первых, ширина запрещенной зоны в активной области светодиода должна быть близка к энергии квантов света видимого диапазона. Во-вторых, вероятность излучения при рекомбинации электронно-дырочных пар должна быть высокой, для чего полупроводниковый кристалл должен содержать мало дефектов, из-за которых рекомбинация происходит без излучения. Эти условия в той или иной степени противоречат друг другу.

Реально, чтобы соблюсти оба условия, одного р-п-перехода в кристалле оказывается недостаточно, и приходится изготавливать многослойные полупроводниковые структуры, так называемые гетероструктуры, за изучение которых российский физик академик Жорес Алферов получил Нобелевскую премию 2000 года.

Достоинства светодиода.

В светодиоде, в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение, и теоретически это можно сделать почти без потерь. Действительно, светодиод (при должном теплоотводе) мало нагревается, что делает его незаменимым для некоторых приложений. Далее, светодиод излучает в узкой части спектра, его цвет чист, что особенно ценят дизайнеры, а УФ- и ИК-излучения, как правило, отсутствуют. Светодиод механически прочен и исключительно надежен, его срок службы может достигать 100 тысяч часов, что почти в 100 раз больше, чем у лампочки накаливания, и в 5 — 10 раз больше, чем у люминесцентной лампы. Наконец, светодиод — низковольтный электроприбор, а стало быть, безопасный.

Недостатки светодиода

Только одним — ценой. Пока что цена одного люмена, излученного светодиодом, в 100 раз выше, чем галогенной лампой.

Электрические и оптические характеристики светодиодов.

Светодиод — низковольтный прибор. Обычный светодиод, применяемый для индикации, потребляет от 2 до 4 В постоянного напряжения при токе до 50 мА. Светодиод, который используется для освещения, потребляет такое же напряжение, но ток выше — от нескольких сотен мА до 1 А в проекте. В светодиодном модуле отдельные светодиоды могут быть включены последовательно и суммарное напряжение оказывается более высоким (обычно 12 или 24 В).

При подключении светодиода необходимо соблюдать полярность, иначе прибор может выйти из строя. Напряжение пробоя указывается изготовителем и обычно составляет более 5 В для одного светодиода.

Яркость светодиода характеризуется световым потоком и осевой силой света, а также диаграммой направленности. Существующие светодиоды разных конструкций излучают в телесном угле от 4 до 140 градусов. Цвет, как обычно, определяется координатами цветности и цветовой температурой, а также длиной волны излучения.

Для сравнения эффективности светодиодов между собой и с другими источниками света используется светоотдача: величина светового потока на один ватт электрической мощности. Также интересной маркетинговой характеристикой оказывается цена одного люмена.

Срок службы светодиода.

Считается, что светодиоды исключительно долговечны. Но это не совсем так. Чем больший ток пропускается через светодиод в процессе его службы, тем выше его температура и тем быстрее наступает старение. Поэтому срок службы у мощных светодиодов короче, чем у маломощных сигнальных, и составляет в настоящее время 20 — 50 тысяч часов. Старение выражается в первую очередь в уменьшении яркости. Когда яркость снижается на 30% или наполовину, светодиод надо менять.

Старение светодиода связано не только со снижением его яркости, но и с изменением цвета. В настоящее время нет стандартов, которые позволили бы выразить количественно изменение цвета светодиодов в процессе старения и сравнить с другими источниками.

Спектр излучения светодиода близок к монохроматическому, в чем его кардинальное отличие от спектра солнца или лампы накаливания. Хорошо это или плохо — доподлинно не известно, потому что, насколько я знаю, серьезных исследований в этой области нигде не проводилось. Какие-либо данные о вредном воздействии светодиодов на человеческий глаз отсутствуют.

Есть надежда, что вскоре влияние светодиодов на зрение будет изучено досконально. Проблемой заинтересовался академик Михаил Аркадьевич Островский — крупный специалист в области цветного зрения. Тема, за решение которой он взялся, называется так: «Психофизическое восприятие светодиодного освещения системой зрения человека».

Применение светодиодов.

Светодиоды находят применение практически во всех областях светотехники, за исключением освещения производственных площадей, да и там могут использоваться в аварийном освещении. Светодиоды оказываются незаменимы в дизайнерском освещении благодаря их чистому цвету, а также в светодинамических системах. Выгодно же их применять там, где дорого обходится частое обслуживание, где необходимо жестко экономить электроэнергию и где высоки требования по электробезопасности.

Особенности применения светодиодов.

Светодиоды как источник света применяются отдельно (в качестве точечной подсветки) или объединяются в модули самых различных форм и размеров: от линеек до кластеров, встраиваемых в светильники. Отдельное размещение светодиодов обусловлено их использованием в качестве миниатюрных источников света, чаще всего - в декоративных целях. Сейчас это и световое декорирование предметов интерьера - например мебели, зеркальных стен, подвесных потолков; архитектурных элементов из различных материалов, а также рекламной и сувенирной продукции. Отдельное размещение может играть также и глубоко функциональную роль (например, при внутренней подсветке информационных указателей).

Светодиодные модули - это выход из многих проблемных ситуаций, так или иначе связанных с компактностью, нестандартными формами осветительных установок и посадочной глубиной. Под каждую конкретную задачу, практически под любой элемент, требующий подсветки возможно изготовить модуль требуемой определенной формы и размеров, с определенным количеством и типом светодиодов, определенной конфигурацией их размещения на плате. И препятствием для художника по свету уже не станут архитектурные особенности объекта.

5.2 Система уличного освещения

Эффективное светодиодное уличное освещение.

Для освещения светодиодами требуется 1/10 от мощности раскаленной лампы. Четыре упаковки позволяют вам выбрать наиболее удобный для вас вариант освещения. Существуют 100 и 200 диодные лампы, что равносильно 100 и 200 ватным лампам.

Энергоёмкий модуль.

Модуль оснащен солнечными фотоэлементами и промышленной конструкцией с шероховатой стеклянной поверхностью в алюминиевом каркасе. Плюс, гарантируемая выходная мощность обеспечит производительность энергии на долгое время. Светодиодное освещение может

быть укомплектовано одной или двумя панелями в зависимости от его применения.

Прибор управления солнечной энергией.

Прибор предотвращает обратный ток и имеет 5-ти летнюю гарантию. Прибор имеет 10 различных опций. Например, прибор может обеспечивать работу системы после заказа в течение 2 или трех часов, затем включиться за час до рассвета, работать в сумеречное время до рассвета.

Батареи.

Свинцово-кислотные батареи не требуют технического обслуживания, защищены от протекания, и имеет длительный срок службы. Батареи находятся в блокируемых ящиках у основания столба.

Преимущества

- установка – не требует прокладку кабеля;
- не требует присутствия коммунальных служб;
- проверенная технология, все части устойчивы к коррозии;
- низкая стоимость установки;
- возможность установки в любом месте;
- не требует раскапывания земли, асфальта, тротуара;
- не требует технического обслуживания;
- не требует технического обслуживания батарей;
- срок службы составных элементов 25 лет.

Системы наружного освещения.

Светотехника в наши дни - важный компонент функциональной организации среды обитания современного человека. Правильно спроектированное освещение площадей и улиц - это не только комфорт и безопасность людей в темное время суток, но и мощный инструмент в руках архитектора, позволяющий моделировать различные аспекты эстетического восприятия городской среды.

Система наружного освещения включает в себя три основных направления.

Освещение транспортных магистралей

Приоритетное направление в организации освещения проезжих частей улиц - обеспечение безопасности на дороге. В данном случае светотехническими средствами решаются следующие задачи:

- * достижение уровня освещенности, необходимого для достоверного и своевременного восприятия дорожной ситуации;
- * обеспечение равномерности освещения;
- * обеспечение допустимого уровня прямой и отраженной блескости;
- * обеспечение необходимых спектральных характеристик источников света
- * обозначение направления движения транспорта и пешеходов.

Помимо перечисленных общих принципов, в процессе организации системы освещения транспортных магистралей необходимо учитывать особенности различных дорожных ситуаций.

В том случае, когда осветительное устройство располагается на уровне глаз, необходимо избегать ослепления пешеходов и водителя.

Удерживать слепящую блескость на приемлемом минимальном уровне позволяет использование экранизированных источников света.

Учитывая увеличение числа любителей езды на велосипедах, самокатах и роликовых коньках в городах, важно, чтобы освещение позволяло отчетливо различать мельчайшие препятствия на дороге: незначительные дефекты в дорожном покрытии, камни, ветки, мусор - все то, что может привести к травме владельцев этих специфических транспортных средств.

Следует помнить и то, что, по сравнению с водителями быстроходного транспорта, пешеходы перемещаются гораздо медленнее, что создает более благоприятные условия для адаптации зрения при резком изменении яркости и снижает вероятность аварийной ситуации.

Там, где освещение должно служить безопасности движения, с точки зрения эффективности и экономии, предпочтительны консольные (устанавливаются на опорах или на стенах и крышах зданий) и подвесные светильники (размещаются сверху на подвеске опор или на несущем тросе). В тех случаях, когда на дороге преобладает пешеходное движение, чаще используют венчающие (торшерные) светильники. Для освещения крупных транспортных развязок, автостоянок, а также магистралей, проходящих через промышленные и складские зоны, применяют прожекторы. В особую группу выделяются туннельные светильники, светораспределение которых не приводит к временному ослеплению водителя, несмотря на относительно низкое их размещение над уровнем дорожного полотна. При расчете яркости таких осветительных приборов учитывается разница в условиях освещения вне тоннеля и внутри него. Для этого внутреннее пространство тоннеля условно делится на четыре световые зоны, исходя из времени адаптации зрения к изменившейся яркости освещения.

Оптическая схема дорожных осветительных приборов предусматривает распределение основного светового потока вдоль оси дороги. Конструкция корпуса позволяет проводить замену ламп и другие виды технического обслуживания без демонтажа светильника. Все приборы этого типа производятся в антивандальном исполнении, что подразумевает наличие ударопрочного корпуса и защиту от несанкционированного доступа к функциональным блокам осветительного устройства.

Освещение жилых районов и пешеходных зон

В жилых районах, где наряду с пешеходными зонами имеется развитая транспортная сеть, наружное освещение в темное время суток должно выполнять следующие функции:

- обеспечение безопасного движения транспорта и пешеходов;
- беспрепятственная ориентация на местности;

- создание визуального и психологического комфорта и придание архитектурной среде дополнительных аспектов визуального восприятия.

Важнейшей целью уличного и дорожного освещения является создание условий безаварийного движения в зонах массовой застройки. Подробно об этом сказано выше.

Ориентация в жилой зоне подразумевает возможность хорошо различать здания, инженерно-технические сооружения, направления движения и другие составляющие окружающей обстановки. Столь же важна правильная организация световых акцентов, оптимизирующих восприятие различной графической информации: транспарантов, вывесок с названиями улиц, нумерацией домов и т. д.

В темное время суток повышается вероятность противоправных действий. Следовательно, при организации освещения жилых районов необходимо учитывать криминогенную ситуацию. Ночное освещение должно обеспечивать возможность различать лица приближающихся людей на расстоянии, позволяющем избежать нежелательного контакта или принять меры необходимой самообороны. Исследования психологов показали, что человек ощущает себя достаточно уверенно, если расстояние до объекта, являющегося потенциальным источником агрессии - не менее 4 метров. Статистические исследования европейских компаний-производителей светотехнической продукции выявили интересную закономерность: с увеличением уровня освещенности в городских районах отмечается спад мелких уличных преступлений. Важное место здесь занимает охранное освещение. Вне зависимости от функционального назначения, наружное освещение должно быть комфортным и не допускать ослепление наблюдателя. Во всех случаях необходимо принимать меры, исключающие попадание направленного света в окна жилых домов и квартир. Это может привести к нежелательному влиянию наружного освещения на световую обстановку в помещениях. Поэтому следует избегать установки светильника вблизи жилого здания. При невозможности выполнения этого условия нужно применять экранирующие устройства или приборы с направленным распределением светового потока. Немаловажный фактор, определяющий комфортность световой среды - окрашенность светового потока. Поэтому при выборе осветительного прибора следует обращать внимание на тип используемых ламп, который определяет их цветовую температуру и спектральные характеристики.

Для жилых и пешеходных зон сейчас имеется значительный выбор светильников различного устройства и характера светораспределения. При естественном дневном освещении важнейшим качеством является дизайн прибора и варианты его сочетаемости с окружающей архитектурной ситуацией. Значительные возможности предоставляет проектировщикам принцип открытой установки светильников в современных общественных центрах. При таком способе размещения осветительного оборудования, оно

может быть осмыслено как значимая архитектурная доминанта, активно организующая предметно-пространственную среду.

С наступлением темноты преобладающими становятся светотехнические параметры светильника: размеры и светораспределение. Именно эти показатели определяют количество и схему расположения приборов на освещаемой территории. В жилых зонах пользуются четырьмя способами установки приборов: на вертикальных опорах или подвесах, на фасадах зданий, на несущих тросах, а также непосредственно на земле.

Самый распространенный способ размещения осветительного оборудования в жилых зонах - установка на вертикальных стойках, когда светильник венчает опору или подвешен к ней на кронштейне. Высота установок колеблется от 3 до 8 метров. Обычно такие светильники используются для освещения пешеходных дорожек и примыкающего к ним пространства. Здесь наиболее предпочтительны опорные стойки высотой 3-5 метров. При освещении более обширных территорий, определяющей становится мощность приборов. При этом высота опоры может достигать максимальных значений.

Принципиальное отличие светильников, предназначенных для установки на вертикальную опору, состоит в характере светораспределения. Сферический светильник с матовым стеклом дает диффузное ассиметричное распределение светового потока, в котором значительная часть света уходит в верхнюю полусферу. Такие приборы широко применяются при освещении площадей и других открытых мест. Не исключается их установка вблизи фасадов. Однако надо иметь в виду, что при наличии перед домом зеленых насаждений этот тип освещения может негативно повлиять на восприятие деревьев и кустарников.

Другой, более современный, светильник с чашеобразным корпусом имеет оптическую систему, позволяющую эффективно распределять поток таким образом, что весь свет направляется вниз. Эти осветительные приборы более универсальны. Их можно устанавливать вдоль проезжих частей и тротуаров, а также напротив фасадов домов с палисадниками. Сравнивая графические характеристики обоих приборов, видно, что у чашеобразного светильника с несимметричной кривой распределения плотность светового потока больше. По сравнению с классическим "шаром", это позволяет обеспечить повышенный уровень освещенности при равном количестве устанавливаемых приборов, или при одинаковой освещенности размещать меньшее число светильников.

В последнее время в Казахстане все чаще стали возводиться жилые поселки повышенной комфортности, основу которых составляют малоэтажные индивидуальные дома. В таких населенных пунктах расстояние между фасадами противоположных домов не превышает 25 м. При этом проезжая часть улицы оборудована одним или двумя тротуарами и имеет ширину 6-7 метров. Приемлемое светотехническое решение для улиц с дефицитом пространства - монтаж светильников на фасадах зданий. Их

применяют там, где установка опор нежелательна - из-за отсутствия места или с учетом архитектурной ситуации. В ряде случаев целесообразно размещать осветительное оборудование за элементами декора и другими деталями фасада, а также внутри строительных конструкций. Скрытая установка приборов позволяет незаметно вписать световое оборудование в архитектурную структуру здания и сосредоточить внимание зрителя на световых эффектах.

При невозможности использования фасадов для крепежа осветительного оборудования (например, если здание будет освещаться слишком сильно), обычно применяют подвесные светильники, монтируемые на несущем тросе, натянутом между смежными зданиями. Кроме того, существуют специально разработанные приборы скользящего света. В некоторых ситуациях они могут стать более выгодной и эффективной альтернативой заливающему освещению.

В садах и парках, вдоль прогулочных дорожек, свет нужен чаще всего для ориентации и создания атмосферы визуального комфорта. В этой ситуации специальные парковые светильники на тумбах -одно из приемлемых решений. Вместе с тем, ландшафтные системы не исключают применения светильников других типов - например, для подсветки искусственных водоемов, скульптур, декоративных растений и т.д. Однако во всех случаях для достижения желаемых визуальных эффектов необходимо рассчитать принципиальную схему и параметры освещения. Немаловажно также учитывать социально-культурный и возрастной фактор в структуре населения района. Это позволит предупредить возможные проявления вандализма в отношении наружного осветительного оборудования.

5.3 Сравнение ДРЛ и светодиода

Светильники ДРЛ уличные

Светильники уличные для ламп ДРЛ – это самый популярный и востребованный вид уличного освещения. Подключение к электросети осуществляется посредством пускорегулирующих аппаратов. Благодаря дополнительным электродам светильник под ДРЛ включается непосредственно от подачи напряжения 220В и разгорается на протяжении 7 минут.

Следует отметить особенность, которой обладают светильники с лампами ДРЛ: их свет смещен в красную область, при этом изначально он формируется только из зеленого, ультрафиолетового и синего спектров – без участия красного. Это объясняется наличием слоя люминофора на внутренней поверхности внешней колбы.

Лампы ДРЛ: преимущества

- Высокая светоотдача – до 60лм/Вт.

- Большой срок эксплуатации – до 15 тысяч часов.
- Светильник ДРЛ сохраняет отличную работоспособность при отрицательной температуре.
- Компактность и бесперебойная работа, простота монтажа. Ремонт светильника ДРЛ также не вызовет сложностей.

недостатки ламп ДРЛ:

- Низкая световая отдача: до 50 Лм/Вт
- Долгое время входа в рабочее состояние (15 мин при положительной температуре)
- Затруднен запуск при отрицательных температурах
- Маленький срок службы (до 15 тыс. часов)
- Низкая цветопередача (Индекс цветопередачи <45Ra)
- Высокое энергопотребление (до 460Вт с ПРА)
- Низкая контрастность освещения
- Стробоскопический эффект
- Критичность к колебаниям напряжения сети
- Резкое падение светового потока через короткое время эксплуатации
- Наличие в составе ртути несет потенциальную опасность заражения и требует специальной утилизации (демеркуризации)
- Низкая устойчивость к механическим воздействиям
- Световой поток не направленный, что ведет к дополнительным потерям

Почему светодиодные лампы лучше:

- Не содержат ядовитых паров ртути, свинец, не дают ультрафиолетовое и инфракрасное излучение.
- Высокое качество и срок службы компенсируют стоимость (зависит от марки светодиода и драйвера) светодиодной продукции.
- Стабильная работа и долгий срок службы светодиода – до 100 000 часов (примерно 12 лет непрерывной работы).
- Практически не требуют обслуживания, что повышает экономическую составляющую.
- Светодиодная продукция сертифицирована в Казахстане.
- Энергосберегающие лампы позволяют сэкономить до 80% затрат на электроэнергию.
- Использование электрических кабелей меньшего сечения и значительное снижение нагрузки на них, практически не требуют технического обслуживания.
- Светодиодная продукция не требует использования дросселей, стартеров, дорогостоящей утилизации, что существенно увеличивает экономическую эффективность.

- Уличные светильники в сборе с лампами ДРЛ и ДНаТ излучают световой поток меньший на 25-40% по сравнению со светодиодными, в связи с потерями, возникающими на отражателе и защитном прозрачном колпаке.
- В светодиодных светильниках достигается высокая контрастность света, индекс цветопередачи (Ra) светильников с ДНаТ значительно ниже Ra светодиодного светильника, этот высокий показатель обеспечивает лучшую различимость освещаемых объектов, что способствует повышению безопасности дорожного движения.
- В светодиодных прожекторах есть возможность направлять световой поток.
- Высокая надежность, механическая прочность, виброустойчивость.

5.4 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.

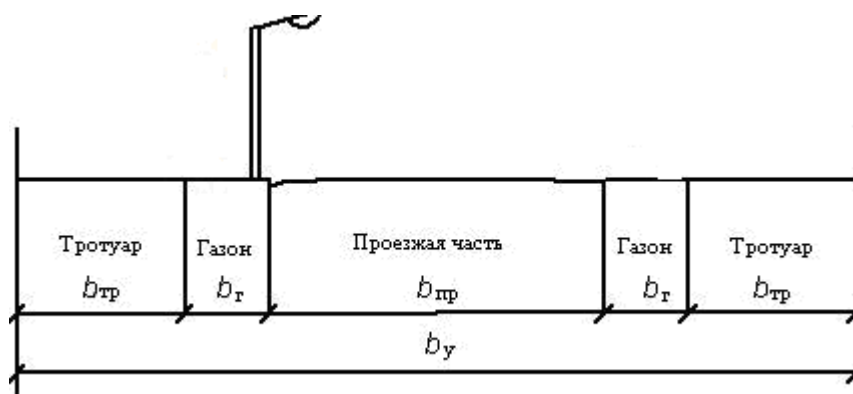


Рисунок 5.4- Поперечный профиль проезжей части

Исходные данные:

Ширина улицы, $b_y = 10\text{ м}$,

ширина проезжей части $b_{пр} = 6\text{ м}$,

ширина газона, $b_g = 1\text{ м}$,

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.

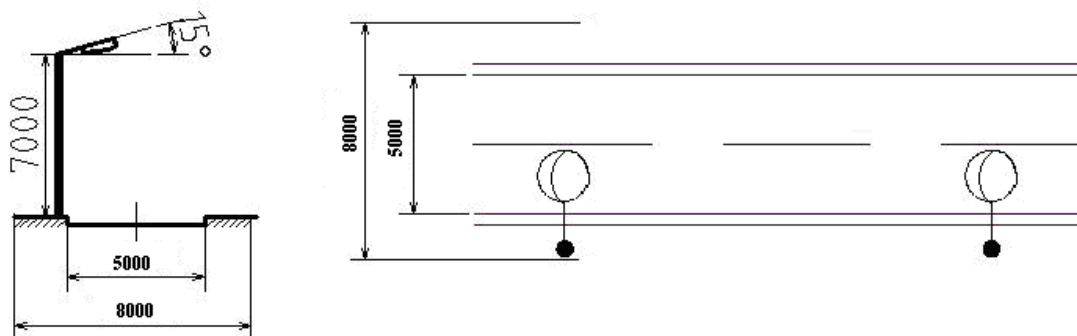


Рисунок 5.5 - Поперечный профиль проезжей части и размеры

Выбираем светодиодный светильник типа LEDALL-RS-SL-RKU-50W-PW с мощностью 50 Вт.

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/м²;
 b - ширина проезжей части, м;
 K_3 - коэффициент запаса, равный 1,5 с газоразрядной лампой;
 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,
 $\Phi_{Li} = 5600$ лм;
 m — число осветительных приборов на опоре, относящейся к i -му ряду,
 $m = 1$.

$$d = \frac{1}{3,14 \cdot 3 \cdot 1,5} \cdot \sum_{i=1}^1 0,052 \cdot 5600 \cdot 1 = 16,3 \text{ м.}$$

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, $u_{Ei} = 0,054$.

$$d = \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 1,5} \sum_{i=1}^1 0,054 \cdot 5600 \cdot 1 = 16,8 \text{ м.}$$

Выбираем шаг равный ≈ 17 м, который соответствует нормируемым освещенности и яркости.

На 400 м улицы требуется установить $400/17 \approx 24$ опоры.

Удельная мощность, приходящаяся на 400м улицы $24 \times 50 \text{ Вт} = 1200 \text{ Вт}$.

Протяженность проезжей части всей территории автомобильного завода среднего машиностроения составляет 5 км, удельная мощность составит 6 кВт.

Всего по расчетам принимаем 62 светильника.

Расчет производим с помощью программы DIALux.

Для освещения дороги используем светильники компании **LED ALL** типа **LEDALL-RS-SL-RKU-50W-PW**.

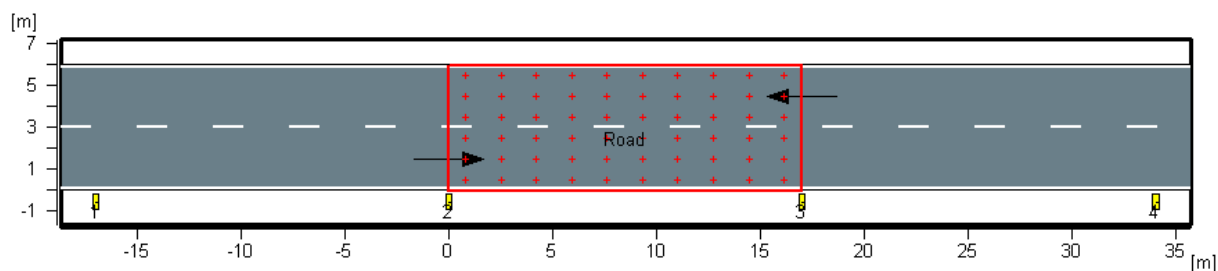


Рисунок 5.6- Дорожное полотно

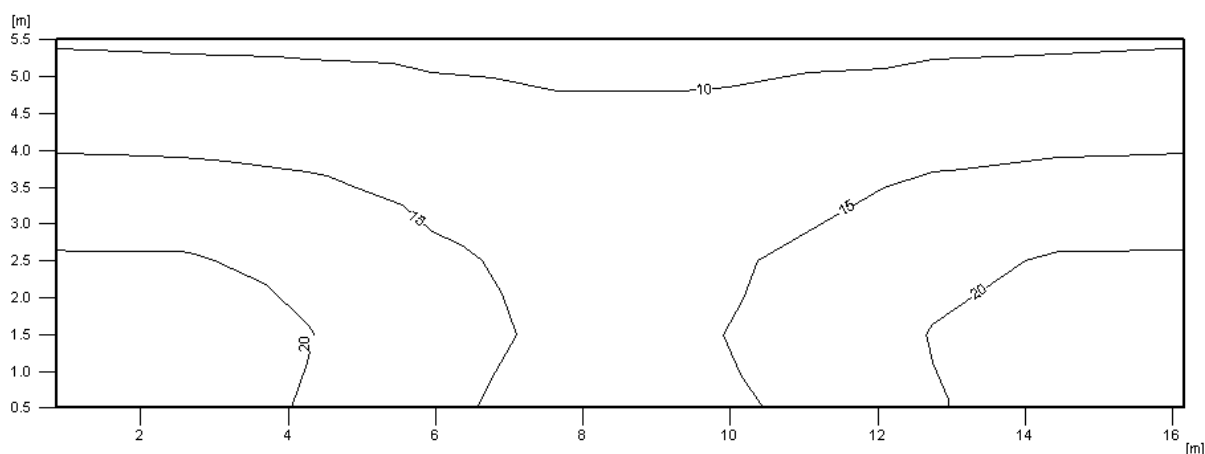
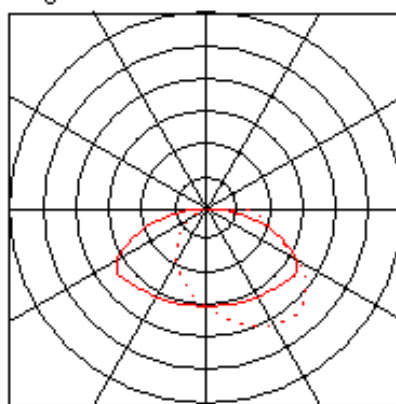


Рисунок 5.7- Изолюксы дорожного полотна



Технические параметры			
Модель	LEDALL-RS-SL-RKU-50W-PW	Размер	460x274x106
Напряжение	AC 85-265В	Количество диодов	1 шт
Мощность	50W	Корпус	Алюминий, прозрачный поликарбонат. Линзы.
Световой поток	5050 lm		
Цветовая температура	5000-6500K(белый цвет)	Тип светодиодов	SMD
Степень защиты	IP65	Срок службы	>50000 часов

Рисунок 5.8- Технические характеристики светильников типа LEDALL-RS-SL-RKU-50W-PW

5.5 Расчет осветительной установки открытой площадки

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.

Как правило, прожекторы устанавливаются сосредоточенными группами на мачтах. Размещение мачт выбирается в процессе расчета, причем расстояние между мачтами лежит обычно в пределах от 6 до 15-кратной их высоты.

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 5.9).

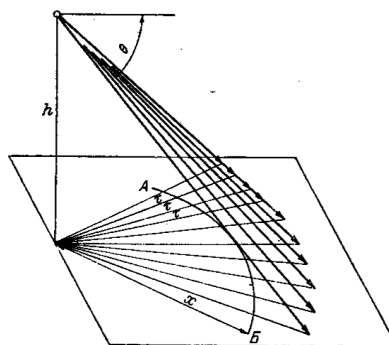


Рисунок 5.9 - Веер прожекторов

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

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.

Площадь, охватываемая изолюксой, обычно имеет максимум при определенном θ , и желательно принимать этот угол близким к оптимальным значениям. Эти значения могут быть определены с помощью таблицы «Значения eh^2 , при которых различные θ являются наивыгоднейшими».

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

$$\tau = \frac{\Sigma\varepsilon}{E_n kh^2}, \quad (5.3)$$

если этот угол одинаков для всех вееров.

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 25x25 м, предназначенной для работ XIII разряда, создать по возможности равномерную освещенность, нормированную по СНиП, равную 4 лк.

Для расчета освещения заданной площадки принимаем тип прожектора LEDALL-RS-flood-C1-10W с мощностью 10 Вт; принимаем рекомендуемую высоту установки прожекторов 10 м и размещаем прожекторы на площадке.

Для светотехнического расчета необходимо наметить несколько контрольных точек (А, Б, В, Г – рисунок 5.10), из них одну – в зоне ожидаемого минимума освещенности. В рассматриваемом случае такая зона находится в центре освещаемого поля на пересечении диагоналей (точка А).

Определим по плану расстояния от расчетных точек до каждой из прожекторных мачт и внеси данные в расчетную таблицу.

Определим угол наклона прожекторов θ , при котором площадь, охватываемая изолюксой, имеет максимум.

Для окончательного выбора угла наклона прожекторов принимаем еще два значения θ и рассчитываем освещенность во всех намеченных

контрольных точек от каждой группы прожекторов при $\tau = 1^\circ$. Результаты расчета вносим в таблицу 5.1.

Определим необходимое значение угла τ для создания заданной нормированной освещенности.

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

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

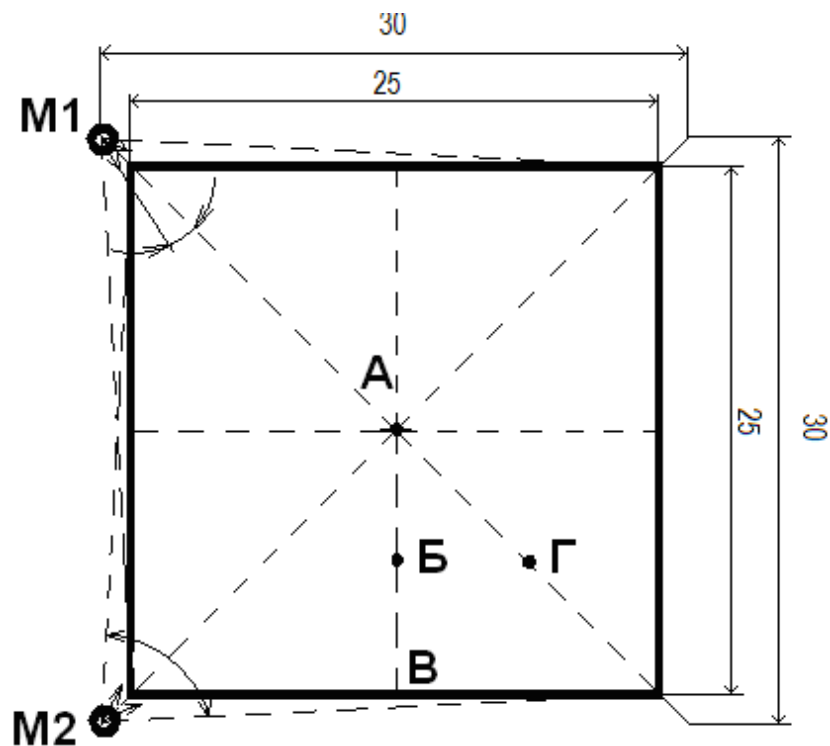


Рисунок 5.10- Освещение площадки

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.

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

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

Всего на двух мачтах устанавливаем $2 \times 1 = 2$ прожектора.
 Определим удельную мощность осветительной установки.
 Общая установленная мощность $2 \times 10 = 200$ Вт.

Таблица 5.1- Расчет суммарной освещенности в точках А, Б, В, Г

Прожекторная мачта	Расстояние от мачты до расчетных точек, м				Освещенность, лк, при угле наклона								
					$\theta_1 = 10^\circ$								
					А	Б	В	Г					
М1	35	27	54	42	24000	23000	11000	19000					
М2	35	29	25	39	24000	23500	22000	21000					
Суммарная освещенность в точках $\Sigma \varepsilon$					48000	46500	33000	40000					
					$\theta_2 = 12^\circ$								
Прожекторная мачта	Расстояние от мачты до расчетных точек, м				А	Б	В	Г					
					М1	35	27	54	42	33000	35000	11000	24000
					М2	35	29	25	39	33000	36000	35000	26000
Суммарная освещенность в точках $\Sigma \varepsilon$					66000	71000	46000	50000					
					$\theta_3 = 15^\circ$								
Прожекторная мачта	Расстояние от мачты до расчетных точек, м				А	Б	В	Г					
					М1	35	27	54	42	40000	55000	8000	24000
					М2	35	29	25	39	40000	55000	54000	30000
Суммарная освещенность в точках $\Sigma \varepsilon$					80000	110000	62000	54000					

По результатам расчета принять угол θ , при котором получено наилучшее распределение освещенности.

Определим $x' = x/h$ для точки минимальной освещенности.

Для мачты М₁:

$$x'_A = 35/10 = 3,5;$$

$$x'_B = 27/10 = 2,7;$$

$$x'_B = 54/10 = 5,4;$$

$$x'_Г = 42/10 = 4,2.$$

Для мачты М₂:

$$x'_A = 35/10 = 3,5;$$

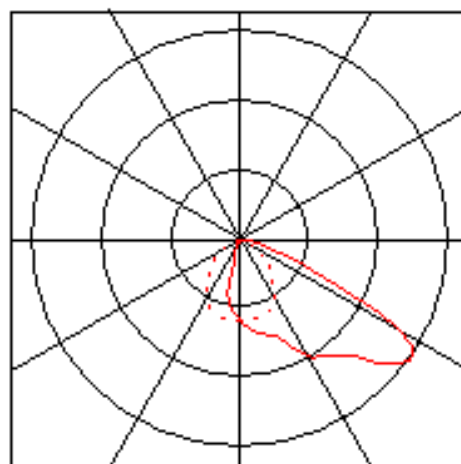
$$x'_B = 29/10 = 2,9;$$

$$x'_B = 25/10 = 2,5;$$

$$x'_Г = 39/10 = 3,9.$$

Расчет производим с помощью программы DIALux.

Для освещения открытой площадки используем светодиодный прожектор компании LED ALL типа LEDALL-RS-flood-C1-10W



Технические параметры			
Модель	LEDALL-RS-flood-C1-10W	Размер	115x85x90
Напряжение	AC 85-265В	Количество диодов	1 шт
Мощность	10W	Корпус	Алюминий, прозрачный поликарбонат. ZIP -управляемый
Световой поток	950-1000 lm		
Цветовая температура	5000-6500К(белый цвет)	Тип светодиодов	SMD
Угол свечения	120°	Срок службы	>50000 часов

Рисунок 5.11- Технические характеристики прожекторов типа LEDALL-RS-flood-C1-10W

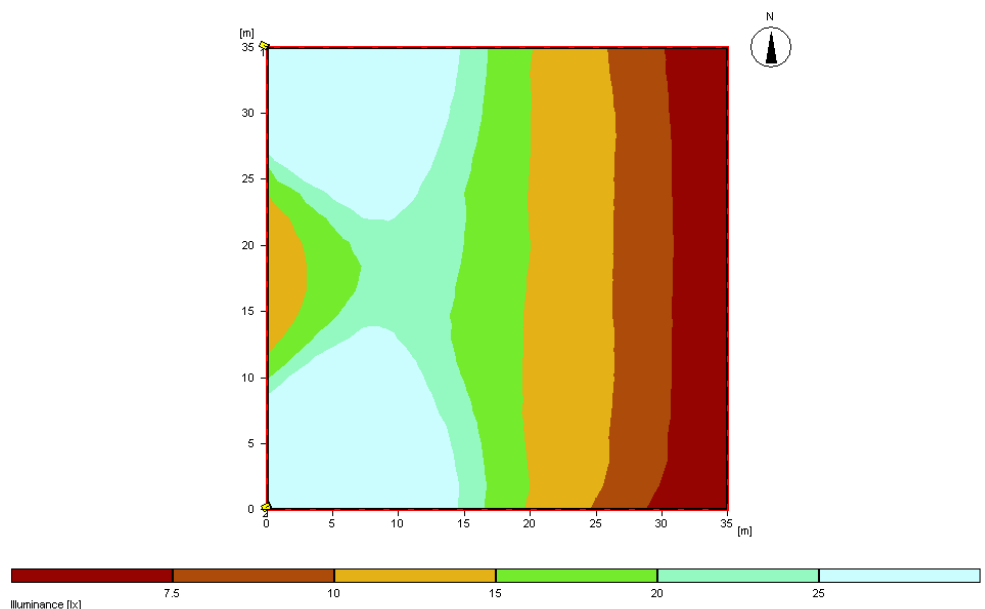


Рисунок 5.12 - Изолюксы открытой площадки

5.6 Светотехнический расчет аллей

В таблице 5.2 приведены исходные данные на расчет осветительной установки аллей. В соответствии со СНиП на пешеходных мостиках, автостоянках, пешеходных аллеях и дорогах нормируемая величина средней яркости $0,2 \text{ кд/м}^2$ или средней освещенности 2 лк.

Обоснование выбора типа источника света и светильника

Светодиодный автономный осветитель. Устройство представляет собой автономное осветительное устройство для любых типов строений и сооружений. Это мощный аккумуляторный светодиодный светильник наружного (уличного) освещения, подзаряжаемый от солнечных батарей. Устройство всепогодно, температурный режим эксплуатации от -35° до $+85^\circ\text{C}$. Автоматически включается с наступлением темного времени суток и выключается утром.

1. Функционально защищено от снега, дождя, града.
2. Пригодно для использования в тяжелых зимних условиях.
3. Класс защиты от поражения электрическим током – I (ГОСТ Р МЭК 605981)
4. Степень защиты от воздействия окружающей среды – IP65
5. Кривая силы света по ГОСТ 17677 широкая, КПД не менее 75%
6. Освещенность объекта на расстоянии 1 м - не менее 155 люкс
7. Срок непрерывной работы в автономном режиме (ночной режим) 15 часов.
8. Срок непрерывной работы до замены аккумуляторов 4-5 лет.

Устройство выпускается в антивандальном исполнении.

В вариантном исполнении для обеспечения подзарядки аккумуляторных батарей в случае длительности отсутствия солнечного излучения 1-2 дня – плохие погодные условия в зимнее время и т.д. имеет возможность подключения электропитания от стационарной сети переменного тока. Потребляемая мощность от сети переменного тока в данном случае не превышает 17 Вт.

САО – 1 Не требует разрешения на подключение и использование. Технические характеристики светодиодного осветительного модуля приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 -Технические характеристики

Технические характеристики	ед. изм.	САО-1
Светодиодный ресурс, не менее	час	100 000
Освещение на расстоянии 1м, не менее	LUX	155
Потребляемая мощность от сети 220 В, не более	Вт	5
Спектр излучения		солнечный белый

Рассчитаем расстояние между осветительными приборами по средней яркости дорожного покрытия. При нормировании установок наружного освещения по средней освещенности определение расстояния между осветительными приборами производится по формуле

$$d = \frac{1}{E_n b K_3} \sum_{i=1}^M u_{Li} \Phi_{Li} m_i, \quad (5.6)$$

где E_n – нормируемая средняя освещенность, лк;

b – ширина аллеи, м;

K_3 – коэффициент запаса, равный 1,3;

M – число рядов осветительных приборов вдоль освещаемой полосы;

Φ_{Li} – световой поток ламп осветительного ряда i -го прибора;

m – число осветительных приборов на опоре;

u_{ei} – коэффициент использования по освещенности для осветительного прибора i -го ряда, определяемой схемой размещения светильников по таблицам значения коэффициента использования светильников наружного освещения, в данном случае равный 0,084.

Световой поток светодиодного осветительного модуля равен $\Phi_{\text{лампы}} = 1200$ лм

$$d = \frac{1}{E_n b K_3} \sum_{i=1}^M u_{Li} \Phi_{Li} m_i = \frac{0,084 \cdot 1200 \cdot 2}{2 \cdot 6 \cdot 1,3} = 13 \text{ м}$$

Для освещения аллеи принимаем к установке шесть двухламповых светильников со встроенными светодиодными модулями САО-1.

Схема размещения светильников приведена на рисунке 5.13.

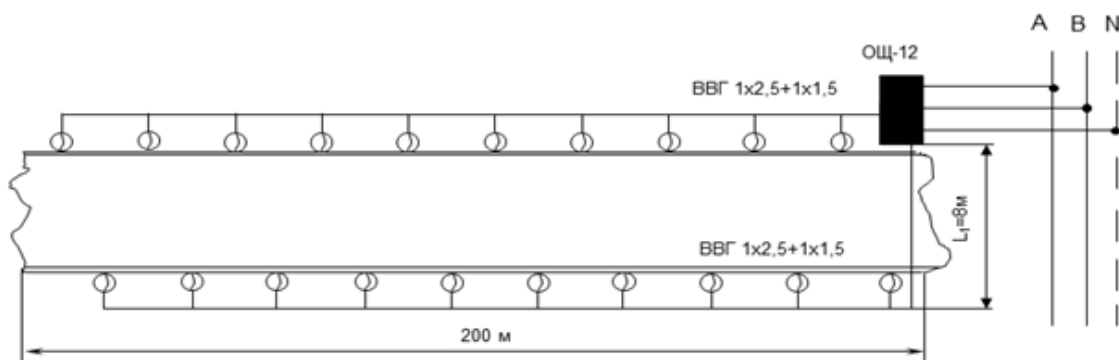


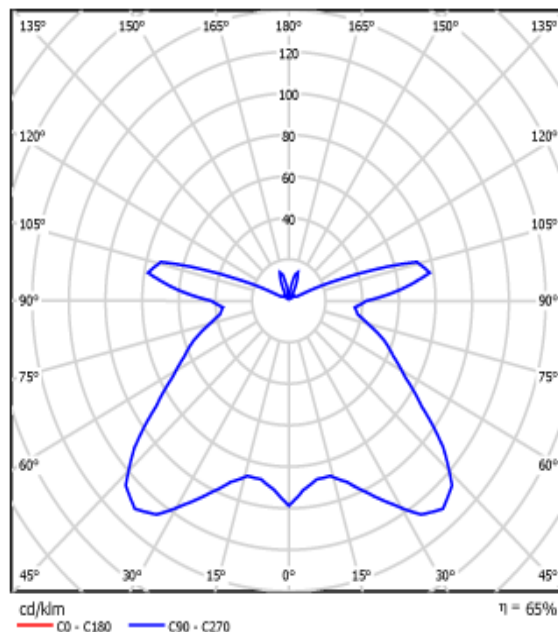
Рисунок 5.13- Схематическое изображение аллеи

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Claude 9052763 Lantern AURIS MBF 80W / Паспорт светильника



Место выхода света 1:



Классификация светильников по CIE: 75
CIE Flux Code: 35 69 87 74 65

9052763
Lantern AURIS MBF 80W

AURIS Description:
Lantern with contemporain design made of a clear polycarbonate diffuser surmounted by an anticorrosive sheet steel hat, painted with epoxy powder, internal white and external charcoal-grey.
The diffuser/hat unit is fixed by a system of bayonet 1/4 of turn on base plate, class II.
Equipment for discharge mercury lamps 80/125W or high pressure sodium 100W.
Haffing on barrel or sleeve, diameter 60mm.

Место выхода света 1:

Оценка экранирования по UGR											
		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50
л. Потолок		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
д. Стены		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
р. Полы		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Высота помещения h	Высота y	Направление взгляда поперек к оси лампы					Направление взгляда вдоль к оси лампы				
		2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H
2H	2H	13.7	14.9	14.4	15.5	16.2	13.7	14.9	14.4	15.5	16.2
	3H	15.5	16.5	16.2	17.2	18.0	15.5	16.5	16.2	17.2	18.0
	4H	16.5	17.4	17.1	18.1	18.9	16.5	17.4	17.1	18.1	18.9
	6H	17.5	18.4	18.2	19.1	19.9	17.5	18.4	18.2	19.1	19.9
	8H	18.1	19.0	18.8	19.7	20.5	18.1	19.0	18.8	19.7	20.5
12H	18.9	19.8	19.7	20.5	21.3	18.9	19.8	19.7	20.5	21.3	
4H	2H	14.3	15.3	15.0	16.0	16.8	14.3	15.3	15.0	16.0	16.8
	3H	16.4	17.2	17.1	17.9	18.8	16.4	17.2	17.1	17.9	18.8
	4H	17.5	18.2	18.2	19.0	19.8	17.5	18.2	18.2	19.0	19.8
	6H	18.8	19.4	19.5	20.2	21.1	18.8	19.4	19.5	20.2	21.1
	8H	19.5	20.1	20.3	20.9	21.8	19.5	20.1	20.3	20.9	21.8
12H	20.5	21.0	21.2	21.8	22.7	20.5	21.0	21.2	21.8	22.7	
8H	4H	18.0	18.6	18.7	19.3	20.2	18.0	18.6	18.7	19.3	20.2
	6H	19.5	20.0	20.3	20.8	21.7	19.5	20.0	20.3	20.8	21.7
	8H	20.4	20.9	21.2	21.7	22.7	20.4	20.9	21.2	21.7	22.7
	12H	21.6	22.0	22.5	22.8	23.8	21.6	22.0	22.5	22.8	23.8
	12H	18.1	18.6	18.8	19.4	20.3	18.1	18.6	18.8	19.4	20.3
6H	19.7	20.1	20.5	20.9	21.9	19.7	20.1	20.5	20.9	21.9	
8H	20.8	21.1	21.6	22.0	23.0	20.8	21.1	21.6	22.0	23.0	
Варьирование позиции наблюдателя для расстояний между светильниками 5											
S = 1.0H		+0.2 / -0.1					+0.2 / -0.1				
S = 1.5H		+0.3 / -0.3					+0.3 / -0.3				
S = 2.0H		+0.3 / -0.5					+0.3 / -0.5				
Стандартная таблица		вКЮ					вКЮ				
Корректированное значение		3.6					3.6				
Скорректированные индексы экранирования, отнесенные к 3800lm. Общий световой поток											

6. Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда

В цементном заводе при проведении технологического процесса в литейных цехах на всех стадиях обработки материалов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными из них являются: пыль дезинтеграции и конденсации; выделения паров и газов; избыточное выделение теплоты; тепловой поток; повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений; повышенное значение напряжения в электрических цепях; наличие движущихся машин и механизмов; подвижные части производственного оборудования.

Подстанция является повысительной из двух отдельно работающих трансформаторов мощностью по 40 МВА, напряжением 10,5/37.

Питание осуществляется от ТЭЦ соседнего завода. На ТЭЦ установлено четыре турбогенератора по 60 МВА, напряжение генераторов 10,5 кВ. Генераторы работают параллельно.

Труд человека, в частности, в автоматизированном и механизированном производстве представляет собой процесс взаимодействия человека и машины. Одна из основных задач анализа условий труда на подстанции - организация рабочего места. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости работающих.

6.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда.

Акустический расчет шума

В электромеханическом цеху цементного завода присутствуют синхронные двигатели, акустический шум которого необходимо рассчитать для того чтобы узнать ухудшает ли условия труда и оказывает ли вредное воздействие на организм рабочего персонала в этом цеху.

Октавные уровни звукового давления L в дБ в расчетных точках помещений, в которых несколько источников шума в зоне прямого и отраженного звука, следует определять по формуле:

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (6.1)$$

где $\Delta_i = 10^{0,1 \cdot L_{pi}}$;

Таблица 6.1- Исходные данные

Вид оборудования	Синхронный двигатель
Количество источников	4
Расстояние от ИШ до РТ, м	$r_1= 5; r_2= 7; r_3=6,5; r_4=5,5$
Объем помещения, м ³	5760
Отношение $V/S_{огр}$	0,8
l_{max}	1,5
Параметры кабины наблюдения	14×8×6
Площадь глухой стены, S_1	84
Площадь глухой стены, S_2	112
Площадь двери, S_3	4
Площадь окна, S_4	3

L_{pi} – октавный уровень звуковой мощности дБ, создаваемый i -тым источником шума;

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке (т.е. источников, для которых $r_i < 5 r_{imin}$);

n – общее количество источников шума в помещении;

минимальное расстояние от расчетной точки до акустического центра и ближайшего к ней источника $r_{imin} = 5 м, 5 \cdot r_{imin} = 25 м$.

Общее количество источников шума, принимаемых в расчет и расположенных вблизи расчетной точки, когда, $r_i < 5 r_{imin} = 25$, будет равно ($m=4$), т. е. учитываются все данные источники, расположенные на расстояниях r_1, r_2, r_3, r_4 .

χ - коэффициент, учитывающий влияние ближайшего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения r_i / l_{max} ;

l_{max} – наибольший габаритный размер источников шума.

Величина $r_{imin} / l_{max} = 5 / 1,5 = 3,33$. Т.к. $r_{imin} / l_{max} > 2$ (по рисунку 9.1) принимаем $\chi = 1$;

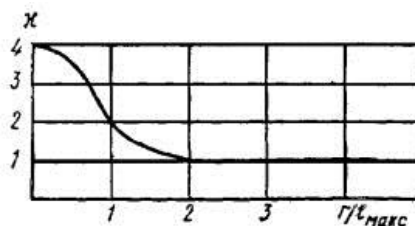


Рисунок 6.1 - График для определения коэффициента χ отношения r к максимальному линейному размеру источника шума l_{max}

Φ – фактор направленности источника шума, принят равным единице;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку.

Для всех источников выполняется условие $2 \cdot l_{max} < r, 2 \cdot 1,5 м < 5 м$.

Поэтому можно принять $S_i = 2 \pi r_i^2$;

Ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по опытным данным, а при их отсутствии – по графику на рисунке 6.2. По графику определим, что при $B/S_{\text{огр}} = 0,8$, $\Psi = 0,55$;

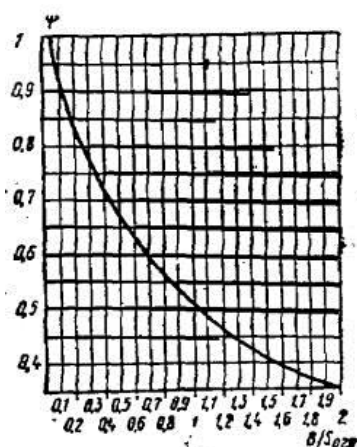


Рисунок 6.2 – Графики для определения коэффициента Ψ в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей

B – постоянная помещения. $B = B_{1000} \cdot \mu$,

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц;
 μ – частотный множитель, определяемый по таблице 9.2.

Из таблицы 2.8 [1], выбрав тип помещения, определяем постоянную помещения B_{1000} ; Выбираем тип помещения I – с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, машинные залы, генераторные, испытательные стенды).

$$B_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{5760}{20} = 288 \quad (6.2)$$

Таблица 6.2 – Значения частотного множителя.

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
μ	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3	6

Определяем требуемое снижение шума $\Delta L_{\text{тр}}$, приняв нормативные уровни звукового давления в расчетной точке по таблице 6.2:

Рабочие места – постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий.

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_{\text{общ}} - L_{\text{дон}}, \text{ дБ},$$

где $L_{\text{общ}}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от всех источников шума, дБ.

$L_{доп}$ – указаны в таблице 6.4.

Таблица 6.3 – Уровни звукового давления, создаваемые СД.

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	64	69	70	71	76	88	89	90

Таблица 6.4 – Допустимые уровни звукового давления.

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	25	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{доп}$	95	87	82	78	75	73	71	69

Все последовательные расчеты сведем в таблице 6.5. Расчеты производились в Microsoft Excel.

Пример расчета частоты 125 Гц

По заданию выбираю данные для СД. Для частоты 125 Гц, $L_{p1} = 69$ дБ.

Затем по формуле $\Delta_i = 10^{0,1L_{p_i}}$ рассчитываю все частоты, то есть $\Delta_1 = 10^{0,1 \cdot 69} = 7,94 \times 10^6$

После этого считаю площадь по формуле $S_i = 2 \cdot \pi \cdot r_i^2$

$$S_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 157 \text{ (м}^2\text{)}; \quad S_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 7^2 = 307,72 \text{ (м}^2\text{)}; \quad S_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 6,5^2 = 265,33 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$S_4 = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,5^2 = 190 \text{ (м}^2\text{)};$$

Затем по формуле $\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i}$ получаем:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{7,94 \cdot 10^6}{157} + \frac{7,94 \cdot 10^6}{307,72} + \frac{7,94 \cdot 10^6}{265,33} + \frac{7,94 \cdot 10^6}{190} = 1,48 \cdot 10^5$$

Далее произведем расчет по формуле: $B_{125} = B_{1000} \cdot \mu_{125}$

Значение коэффициента μ - найдем из таблицы 2, где для $V=5760 \text{ м}^3$ и для частоты 125 Гц $\mu = 0,5$

Тогда значение

$$B_{125} = 288 \cdot 0,5 = 144$$

Далее считаем следующее: $\frac{4\Psi}{B_{125}} \cdot \sum_{i=1}^3 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,55}{144} \cdot 1,48 \cdot 10^5 = 4,85 \cdot 10^5$

Таблица 6.5 – Результаты расчета

Величина	Ед. измер.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp_i	дБ	64	69	70	71	76	88	89	90
$\Delta i = 10^{0,1Lp_i}$	-	2511886,4	7943282,3	10000000,0	12589254,1	39810717,1	630957344,5	794328234,7	1000000000,0
$S_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1^2$	м ²	157,0	157,0	157,0	157,0	157,0	157,0	157,0	157,0
$S_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2^2$	м ²	307,7	307,7	307,7	307,7	307,7	307,7	307,7	307,7
$S_3 = 2 \cdot \pi \cdot r_3^2$	м ²	265,3	265,3	265,3	265,3	265,3	265,3	265,3	265,3
$S_4 = 2 \cdot \pi \cdot r_4^2$		190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0
$\Delta i/S_1$		15999,277	50594,155	63694,268	80186,332	253571,446	4018836,589	5059415,508	6369426,752
$\Delta i/S_2$		8162,896	25813,344	32497,075	40911,394	129373,187	2050426,831	2581334,443	3249707,526
$\Delta i/S_3$		9467,028	29937,370	37688,916	47447,534	150042,276	2378009,816	2993736,987	3768891,569
$\Delta i/S_4$		13222,543	41813,351	52639,891	66269,696	209563,179	3321352,553	4181335,130	5263989,051
$\sum_{i=1}^5 \frac{\Delta_i}{S_i}$		46851,743	148158,221	186520,149	234814,955	742550,088	11768625,789	14815822,068	18652014,898
$V_{1000}(V=5670\text{м}^3)$	-	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000
μ	-	0,500	0,500	0,550	0,700	1,000	1,600	3,000	6,000
$B_i = B_{1000} \cdot \mu$	-	144,000	144,000	158,400	201,600	288,000	460,800	864,000	1728,000
$\frac{4\psi}{B_i}$		0,015	0,015	0,014	0,011	0,008	0,005	0,003	0,001
$\sum_{i=1}^3 \Delta_i$		10047546	31773129	40000000	50357016	159242868	2523829378	3177312939	4000000000
$\frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i$		153504	485423	555556	549531	1216439	12049533	8090380	5092593
$\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i$		200356	633581	742076	784346	1958989	23818158	22906202	23744607
$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right)$	дБ	53,018	58,018	58,704	58,945	62,920	73,769	73,600	73,756
$L_{\text{доп}}$	дБ	95,000	87,000	82,000	78,000	75,000	73,000	71,000	69,000
$\Delta L_{\text{ГРЕБ}} = L - L_{\text{доп}}$	дБ	-41,982	-28,982	-23,296	-19,055	-12,080	0,769	2,600	4,756

Затем просуммируем значения:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^3 \Delta_i = 1.48 \cdot 10^5 + 4.85 \cdot 10^5 = 6.33 \cdot 10^5$$

Теперь можно найти $L = 10 \lg(6.33 \cdot 10^5) \approx 58.018$ дБ

После выбираем для частоты 125 Гц значение $L_{дон} = 87$ дБ

Окончательным расчетом является определение значения

$$\Delta L_{mp} = L - L_{дон} = 58.018 - 87 \approx -28.982 \text{ дБ.}$$

Расчет мероприятий для снижения шума

Запроектировать стену (с окном и дверью) и перекрытием кабины наблюдения компрессорного зала, имеющего размеры 14x8x6 м. Площадь глухой стены S_1 и перекрытия кабины наблюдения S_2 , граничащих с залом газовой турбины соответственно равны 84 и 112 м², площадь двери $S_3=4$ м², окна $S_4=3$ м². Суммарный уровень звуковой мощности $L_{p\Sigma}$, излучаемой всеми синхронными двигателями, приведен в таблице 6.6.

Таблице 6.6 – Суммарный уровень звуковой мощности, излучаемой всеми синхронными двигателями

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{ш}$	53,018	58,018	58,704	58,945	62,920	73,769	73,600	73,756

Требуемую звукоизолирующую способность каждого элемента наблюдательной кабины рассчитаем по формуле 6.6

$$R_{mp} = L_{ш} - 10 \lg V_{и} + 10 \lg S_i - L_{дон} + 10 \lg n,$$

где $L_{ш}$ – октавный уровень звукового давления вне защищаемого от шума помещения, найденного нами по формуле 9.7 ;

$V_{и}$ – постоянная защищаемого от шума помещения, м²,

$$V_{и} = \mu \cdot V_{и1000}$$

Для наблюдательной кабины с объемом $V=14 \times 8 \times 6=672$ м³.

$$V_{и1000} = V/10 = 672/10 = 67,2 \text{ м}^2$$

Используя таблицу 6. 2 частотного множителя, найдем значение $V_{и}$. Все расчеты приведены в таблице 6.7 и выполнены в Microsoft Excel.

Таблица 6.7 – Результаты акустического расчета

№	Величина	Единицы изм-ния	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	$B_{и1000}(V=672 \text{ м}^3)$	м^2	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20	67,20
2	μ		0,50	0,50	0,55	0,70	1,00	1,60	3,00	6,00
3	$B_{и}=B_{и1000}*\mu$		33,60	33,60	36,96	47,04	67,20	107,52	201,60	403,20
4	$L_{ш}$	дБ	53,018	58,018	58,704	58,945	62,920	73,769	73,600	73,756
5	$L_{доп}$	дБ	95,00	87,00	82,00	78,00	75,00	73,00	71,00	69,00
6	$10\lg(n) (n=4)$		6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02
7	$10\lg(B_{и})$		15,26	15,26	15,68	16,72	18,27	20,31	23,04	26,06
8	$10\lg(S1) (S1=84 \text{ м}^2)$		19,24	19,24	19,24	19,24	19,24	19,24	19,24	19,24
9	$10\lg(S2) (S2=112 \text{ м}^2)$		20,49	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49
10	$10\lg(S3) (S3=4 \text{ м}^2)$		6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02
11	$10\lg(S4) (S4=3 \text{ м}^2)$		4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77
12	$R_{гп1}$		-32	-18,982	-13,71	-10,516	-5,0903	5,7175	4,81849	3,96419
13	$R_{гп2}$		-30,733	-17,733	-12,461	-9,2669	-3,8409	6,96689	6,06787	5,21357
14	$R_{гп3}$		-45,204	-32,204	-26,932	-23,738	-18,312	-7,5047	-8,4037	-9,258
15	$R_{гп4}$		-46,454	-33,454	-28,182	-24,988	-19,562	-8,7541	-9,6531	-10,507

6.3 Расчет зануления электрооборудования

Электромеханический цех цементного завода мощностью 30 кВт, $\cos\varphi=0,95$; $Kи=0,8$, $Kп=5$ запитывается от трансформатора подстанции мощностью 1000 кВА(Δ/Y). Длина кабеля от подстанции до вводов цеха 25 м; от щитка до двигателя 50 м.

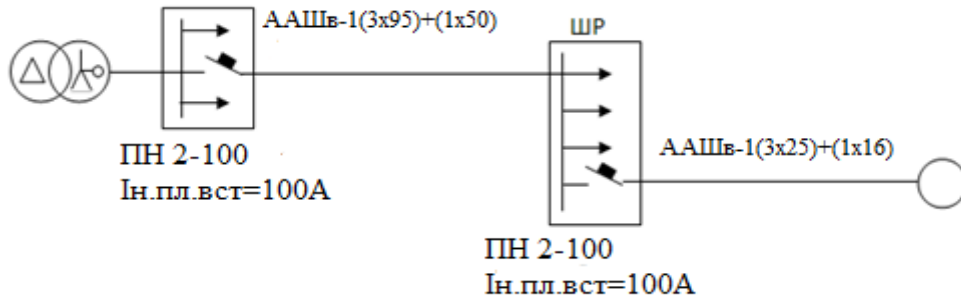


Рисунок 6.4- Схема замещения

Номинальный ток электродвигателя:

$$I = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} \quad (6.3)$$

$$I = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} = \frac{1000 \cdot 30}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 48,88\text{А}$$

Сопротивления фазного и нулевого проводников:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (6.4)$$

$$R_{\phi 1} = \frac{0,028 \cdot 25}{95} = 0,0074 \text{ Ом}$$

$$R_{\phi 2} = \frac{0,028 \cdot 50}{25} = 0,056 \text{ Ом}$$

$$R_{\phi \Sigma} = 0,0074 + 0,056 = 0,0634 \text{ Ом}$$

$$R_{H1} = \frac{0,028 \cdot 25}{50} = 0,014 \text{ Ом}$$

$$R_{H2} = \frac{0,028 \cdot 50}{16} = 0,0875 \text{ Ом}$$

$$R_{H\Sigma} = 0,014 + 0,0875 = 0,1015 \text{ Ом}$$

Пусковой ток электродвигателя:

$$I_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot I_{\text{НОМ}} \quad (6.5)$$

$$I_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot I_{\text{НОМ}} = 5 \cdot 48,88 = 244,4 \text{ А}$$

Номинальный ток плавкой вставки:

$$I_{\text{НПЛ.ВСТ}} = \frac{I_{\text{пускЭД}}}{K_{\Gamma}} \quad (6.6)$$

$$I_{\text{НПЛ.ВСТ}} = \frac{244,4}{2,5} = 97,7 \text{ А}$$

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток 100 А.
Ожидаемое значение тока короткого замыкания

$$I_{\text{КЗ}} > 3 \cdot I_{\text{НПЛ.ВСТ}} \quad (6.7)$$

$$I_{\text{КЗ}} > 3 \cdot I_{\text{НПЛ.ВСТ}} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ А}$$

Плотность тока в нулевом и фазном проводнике:

$$\delta = \frac{I_{\text{н.эд}}}{S} \quad (6.8)$$

$$\delta = \frac{48,88}{25} = 1,95 \text{ А/мм}^2$$

Внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль

$$X_{\Pi} = 0,6 \cdot 0,064 = 0,0384 \text{ Ом}$$

Сопротивление петли фаза-нуль

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{\text{H}})^2 + (X_{\phi} + X_{\text{H}} + X_{\Pi})^2} \quad (6.9)$$

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(0,0634 + 0,1015)^2 + (0,001 + 0,001 + 0,0384)^2} = 0,17 \text{ Ом}$$

Ток короткого замыкания

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\Gamma}}{3} + Z_{\Pi}} \quad (6.10)$$

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{0,027}{3} + 0,17} = 1229.05 \text{ A}$$

Проверка на условие надежного срабатывания защиты:

$$I_{кз} > 3 \cdot I_{н.п.л.вст}$$

$$1229.05 \text{ A} > 300 \text{ A}$$

Ток короткого замыкания более чем в три раза превышает номинальный, т.е. при замыкании на корпус плавкая вставка перегорит за 5-7 с и отключит поврежденную фазу.

По расчетному номинальному току плавкой вставки к установке может быть принят предохранитель типа ПН 2-100 $I_{н.п.л.вст}=100\text{A}$ или выключатель НИБС 100 $I_{н.авт}=100 \text{ A}$.

7 Экономическая часть

Целью технико-экономического обоснования является обеспечение строительства подстанции для цементного завода 10,5/37 кВ.

Питание осуществляется от ТЭЦ соседнего завода. На ТЭЦ установлено четыре турбогенератора по 60МВА, напряжение генераторов 10,5 кВ. Генераторы работают параллельно. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция из двух отдельно работающих трансформаторов мощностью по 40 МВА, напряжением 10,5/37 кВ.

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы $T=14,5$ тенге за 1 кВт ч.

В соответствии со строительными нормами срок строительства подстанции, установленной мощности 2х1000 кВА, и прилегающих сетей 35 кВ принят равным одному году.

В соответствии с нормами освоения введенных энерго мощностей, была определена программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции, приведенная в таблице 7.1.

Кредит для строительства подстанции берется в банке с дальнейшей выплатой процентов по кредиту. Процентная ставка 10 % годовых.

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

В примере структура финансирования суммарных инвестиций принята следующей: 70% акционерного капитала и 30% заемного с выплатой последнего равными долями в течение пяти лет начиная со второго года эксплуатации энергообъекта.

7.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции и ЛЭП

Определение капитальных вложений в строительство подстанции

Таблица 7.1 - Программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции

Показатели	Годы строительства и эксплуатации		
	1	2	3
Коэффициент нагрузки, %	0,8	0,8	0,8
Поступление энергии в сеть, млн кВт. час	3,42	3,42	3,42

Определение капитальных вложений в строительство подстанции.

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

- Высоковольтные выключатели; трансформаторы ТСЗ-630(10/0,4);

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования:

$$K_{п/ст} = (\sum K_i \cdot n_i + K_{пост}) \cdot \alpha_p \quad (7.1)$$

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, мало зависящая от мощности подстанции;

α_p - коэффициент, учитывающий район сооружения

Затраты на трансформаторы ГПП:

$$K_{трГПП} = N \cdot K_{тр} = 2 \times 24250000 = 48 \text{ млн. тенге}$$

Затраты на выключатели В1, В2, В3, В4:

$$K_{В1-2} = N \cdot K_{тр} = 4 \times 100000 = 400000 \text{ тенге.}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-4} = 2 \times 77750 = 155500$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{ОПН1-4} = 2 \times 54000 = 108000 \text{ тенге.}$$

$$K_{п/ст} = 400000 + 155500 + 108000 + 48500000 + 13500000 = 62,664 \text{ млн.тенге}$$

7.2 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:

$$K_{ЛЭП} = k_{уд} \cdot L \cdot \alpha_{нв} \cdot \alpha_p + \Delta K_{р.нр.} + \Delta K_{д.зр.} + n_{р.б.} \cdot K_{р.б} \quad (7.2)$$

где $K_{уд.i}$ - удельные показатели стоимости 1 км линии, соответствующие уровню напряжения и количеству цепей, а также учитывающий

определенные условия прохождения трассы (по равнине, лес - не более 10% от длины трассы, доставка грузов до трассы - не более 20 км и развозка оборудования по трассе - не более 10 км);

$L = 6$ км - длина линии;

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

$\alpha_p =$ коэффициент, учитывающий район прохождения трассы (по РК $\alpha_p=1$);

$\Delta K_{р.пр} =$ затраты, учитывающие рубку просеки в лесу, если лес составляет более 10% длины трассы (в данном варианте не учитывается);

$\Delta K_{дтр.} = 1$ - 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.

$$K_{уд} = 2,25 \text{ млн.тенге./км}$$

$$K_{лэп} = 2,25 * 6 * 1 * 1 + 0,1 + 1 = 13,5 \text{ млн. тенге}$$

Все расчеты капиталовложения по линиям электропередач сводятся в таблицу 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 35 кВ	6	2,25	13,5
Итого:			13,5

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта составят:

$$K_{ЭС} = K_{п/ст} + K_{лэп} = 62 + 13,5 = 84,5 \text{ млн. тенге}$$

7.3 Определение ежегодных эксплуатационных издержек на подстанции и ЛЭП

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

$$I_{\Sigma} = I_{п/ст} + I_{лэп} \quad (7.3)$$

$$I_{\Sigma} = I_a + I_{\text{пот}} + I_{\text{э}}, \quad (7.4)$$

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

где $a_{\text{ам}}$ - нормы ежегодных амортизационных отчислений %;

$$a_{\text{ам/лэп}} = 2,8\%;$$

$$a_{\text{ам/оборуд}} = 6,3\%.$$

$$I_{\text{ам/лэп}} = 0,028 \times K_{\text{лэп}} = 0,028 \times 13,5 = 3,78 \text{ млн. тенге}$$

$$I_{\text{ам/п-ст}} = I_a \text{ об} = 0,063 \times K_{\text{об}} = 0,063 \times 62 = 3,95 \text{ млн. тенге}$$

$$I_{\text{экс/лэп}} = 0,028 \times K_{\text{лэп}} = 0,028 \times 13,5 = 3,78 \text{ млн. тенге}$$

$$I_{\text{экс/п-ст}} = 0,03 \times K_{\text{об}} = 0,03 \times 62 = 1,88 \text{ млн. тенге}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times (W_{\text{трпп}} + W_{\text{лэп}}) = 14 \times (0,7 + 0,238) = 13,137 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\Sigma} = 3,78 + 3,78 + 1,88 + 3,95 + 13,137 = 26,527 \text{ млн. тенге.}$$

7.4 Расчет себестоимости передачи электроэнергии

Полная себестоимость передачи электроэнергии по сетям энергосистемы определяется суммарными издержками, связанными с передачей и распределением электроэнергии, и количеством энергии отпущенной потребителю.

Себестоимость передачи электроэнергии:

$$S = \frac{I_{\Sigma}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{26,527}{3,42} = 7,8 \text{ тг, кВт}\cdot\text{ч}$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – годовое энергопотребление предприятия.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 3,42 \text{ млн кВт}\cdot\text{ч.}$$

7.5 Показатели финансовой эффективности

$T = 14$ тенге/кВтч – тариф на электроэнергию согласно договору между подстанцией и заводом.

Выручка от прогнозируемого объема передачи электроэнергии цементному заводу составит

$$V = T \cdot \mathcal{E}_{\text{год}} = 14 \cdot 3,42 = 47,88 \text{ млн. тенге в год}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$\Pi = 34,2 - 26,5 = 21,38 \text{ млн. тенге в год}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$\Pi_{\text{ч}} = 21,38 \cdot 0,8 = 17,104 \text{ млн. тенге} \quad (8.16)$$

7.6 Определение NPV (чистой текущей стоимости)

Для определения NPV, необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю, для сравнения во времени. То есть NPV – это разница между суммой денежных поступлений порождаемых реализацией проекта и дисконтированных текущих стоимостей и всех затрат необходимых для реализации этого проекта.

Чистая приведенная стоимость определяется:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0, \quad (7.5)$$

$$CF = \Pi_{\text{ч}} + I_{\text{а}} = 17,104 + 3,78 = 20,88 \text{ млн. тенге.}$$

где CF – ежегодные денежные поступления;

n - годы реализации проекта;

I_0 - полные суммарные инвестиции;

$I_0 = 84,5$ млн.тенге

Результаты расчета сведем в таблицу 7.3.

Расчет ведется до первого положительного значения NPV, т.е. до 6-го года. NPV больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия. Срок окупаемости проекта по данному методу расчета 6 лет.

Таблица 7.3 - Результаты расчета чистой текущей стоимости

Год	CF,млнГ	r1=10%, ставка дисконтирования	PV1,млнГ	NPV1,млнГ
0,00	-84,5		-84,5	0,00
1,00	20,88	0,9	18,98	-65,51
2,00	20,88	0,82	17,25	-48,26
3,00	20,88	0,75	1,56	-32,57
4,00	20,88	0,68	14,26	-18,31
5,00	20,88	0,62	12,96	-5,38
6,00	20,88	0,56	11,78	6,43

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

$$NPV = 0 \text{ при } IRR = r$$

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.

Рассчитаем IRR для $r = 10\%$ банковского процента и методом интерполяции

$$\sum_{1}^{0} \frac{CF_n}{(1+IRR)^n} - I_0 = 0$$

$$IRR=13\%$$

Из приведенных расчетов IRR видно, что ставка дисконтирования производством не превышает расчетную, что свидетельствует нормам доходности экономической эффективности инвестиций.

Заключение

Спроектированная система электроснабжения цементного завода имеет следующую структуру. Предприятие получает питание от ТЭЦ по двухцепной воздушной линии электропередачи длиной 6 км напряжением 35 кВ. В качестве пункта приема электроэнергии на подстанции используется семь трансформаторов питания мощностью 1000кВА.

Выбор оборудования 35 кВ: выключатель типа ВГБ – 35-12,5/630, выбран трансформатор типа ТМ-4000-/10, для распределения электроэнергии в здании используем кабель марки ААШв-10-(3×50).

Рассмотрены группы электроприемников различных нужд, а также специализированное оборудование.

Из приведенных расчетов экономической части срок окупаемости инвестиций составил 6 лет. Таким образом, анализ приведённых финансово-экономических показателей свидетельствует об эффективности инвестиций в рассматриваемый проект.

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

Список литературы

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений.-М.: Интенмет Инжиниринг, 2005. Технический каталог «Alageum electric», Кентауский трансформаторный завод 2012 г.
2. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011г.
3. Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: «Форум», 2009г.
4. Жакупов А.А., Хижняк Р.С. Методические указания к выполнению экономической части выпускных работ (для бакалавров, обучающихся по направлению «Электроэнергетика»). – Алматы: АИЭС, 2011г.
5. Санатова Т.С., Мнанбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности "Расчет зануления" Методические указания к выпускной работе для студентов-бакалавров всех специальностей и всех форм обучения- Алматы: АУЭС, 2011.
6. http://knowledge.allbest.ru/radio/2c0b65625b2bd68b5d43b88521316c37_0.html
7. Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. 3-е издание, переработанное и дополненное; – М: Энергоатомиздат, 2007-648с.
8. О.П. Живаева, М.А. Тергеусизова. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика – Алматы: АИЭС, 2009.-74с.
9. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 464с.: ил.
10. Справочная книга для проектирования электрического освещения /Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., «Энергия», 1976. – 384 с.
11. Правила устройства электроустановок. /Минэнерго СССР. 7-е издание, переработанное и дополненное; – М: Энергоатомиздат, 2008 – 640с.
12. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей / Под ред. Я.М. Большама, В.И. Круповича, М.Л. Самовера - М.: Энергия, 1974. - 696с.
13. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 348с.
14. Электромагнитные переходные процессы/Под. ред. С.А. Ульянова. - М.: Энергия, 1970. - 520с.
- 15 <http://ru.convdocs.org/docs/index-72199.html?page=2>