

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»

Заведующий кафедрой ЭИП

Бакепов К.А. к.т.н., доцент

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« » 2014 г.

(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Электроснабжение кабельного завода

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Нутбаев М.М. группа Эспу -10
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Поберей И.Л.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Алимжанова Л.М., к.т.н., доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

«07» 06 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

ст.пр. Мананбаева С.Е.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« » 20 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Поберей И. Л.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« » 20 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« » 20 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Казанова И.В., к.т.н., доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« » 20 г.
(подпись)

Рецензент: Кельбасс С.В., к.т.н., доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« » 20 г.
(подпись)

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 Нутбаев Мухтар Муратулы
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение кабельного завода

Утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «26» мая 2014 г.

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

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 800 МВА. На подстанции установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 37/6,3 кВ. Мощность кВ на стороне 35 кВ равна 1200 МВА. Трансформаторы работают параллельно. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.

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

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Титульный лист завода

Функциональная схема электроснабжения


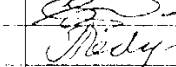
Расчет мощности электрооборудования

Маршрут силовых кабелей

Рекомендуемая основная литература

Гаркуша Д.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Клорус», 2011.; Шеховцов В.П. Расчет и проектирование систем электроснабжения. – М.: «Форум-Инфра-М», 2010.; Ополева Г.Н. Схемы подстанций электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.; Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.; Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интернет Инжиниринг, 2005.; Правила устройства электроустановок РК. – Алматы, 2007.; Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукши, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «Высшая школа» 2002.; Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий территориального комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	Алимжанова Л.М.	07.06.2014	
БЖД	Мананбаева С.Е.		
Проектирование ВЛ	Поберей Н.Л.		

Андатпа

Дипломдық жоба кабельдік зауыттың электроснабжения жүйесінің зерттемесіне арнаулы. ара жұмыста орында-: жүктің есебінің на аласа және биік кернеуге, техникo - нұсқаның экономикалық салыстыр-, жабдықтың тексерісінің ша қысқа тұйықталудың қырмандарына, кәбілдің салыстыр-орында-. Расмотрены шарттың дипломдық жобасында анда зауытта және экономикалық есеп.

Аннотация

Дипломный проект посвящен разработке системы электроснабжения кабельного завода. В работе выполнено: расчет нагрузок на низкое и высокое напряжение, техникo – экономическое сравнение вариантов, проверка оборудования по токам короткого замыкания, выполнено сравнение кабелей. В дипломном проекте рассмотрены условия туда на заводе и экономический расчет.

Annotation

The degree project is devoted to development of the system of power supply of cable plant. In work it is executed: calculation of loads of a low and high voltage, the technician – economic comparison of options, equipment check on currents of short circuit, is executed comparison of cables. In the degree project conditions there at plant and economic calculation are considered.

Содержание

Введение	10
1 Электроснабжение кабельного завода	11
1.1 Технологический процесс кабельного завода	11
1.2 Исходные данные	14
2 Расчет электрических нагрузок	15
2.1 Расчет нагрузки на освещение	15
2.2 Расчет низковольтных электрических нагрузок по предприятию	
2.3 Выбор цеховых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности	19
2.4 Расчет электрических нагрузок на шинах 6 кВ	21
3 Варианты схем внешнего электроснабжения	26
4 Расчет токов короткого замыкания и выбор оборудования	35
4.1 Расчет токов короткого замыкания $I_{кз}$ ($U = 6$ кВ)	35
4.2 Выбор оборудования	36
5 Силовые кабели	48
5.1 Общие сведения	48
5.2 Расчет потерь электроэнергии в кабелях	53
6 Безопасность жизнедеятельности	55
6.1 Анализ условий труда в волочильном цехе	55
6.2 Разработка мер защиты в волочильном цехе	57
6.3 Расчет зануления электрооборудования волочильного стана	66
7 Экономическая часть	72
7.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции	72
7.2 Определение ежегодных издержек производства	74
7.3 Расчет себестоимости и оказания услуг по передачи электроэнергии на ЛЭП 35 кВ через ГПП	75
7.4 Расчет срока окупаемости сооружаемой ПС и ЛЭП	75
7.5 Определение NPV (чистой текущей стоимости)	77
Заключение	80
Перечень сокращений и обозначений	9
Список литературы	
Приложение А. Применение ВТ	

Введение

В современном мире жить без электроснабжения практически невозможно. Электроснабжение представляет собой такой процесс, основной задачей которого является обеспечение электрической энергией различных объектов. К данным объектам необходимо отнести различные отрасли хозяйства, среди которых наибольшего внимания заслуживают сельское хозяйство, промышленность, городское хозяйство, транспорт и многое другое.

Что бы обеспечить высокую степени надежности и экономичность энергетических объектов, необходимо технически грамотно подходить к вопросам проектирования.

Проектирование электроснабжения заводов, фабрик и небольших электрических предприятий ведется с учетом использования новейших достижений науки и техники.

Существует три основных этапа проектирования: технико-экономическое обоснование, технический проект, рабочие чертежи. Новые электроустановки должны обеспечить безопасность эксплуатации, надежность и экономичность. Все эти показатели в момент проектирования достигаются с помощью технико-экономических расчетов.

Целью данного дипломного проекта является разработка надежной и экономичной системы электроснабжения кабельного завода.

Для достижения данной цели ставится ряд основных задач:

- определение электрических нагрузок по заводу;
- технико – экономическое сравнение различных вариантов схем электроснабжения;
- выбор трансформаторов ГПП и цеховых трансформаторов;
- расчет компенсации реактивной мощности по заводу;
- расчет токов короткого замыкания и выбор оборудования.

Уровень потерь энергии на кабельном заводе, как и на любом другом предприятиях можно определить двумя группами факторов.

К первой группе факторов относятся:

- конструктивные особенности используемого оборудования,
- правильный выбор по мощности.

Уровень потерь возникающий при этом зависит в основном от того, насколько оборудование отвечает современным требованиям и правильно ли оно выбрано.

Ко второй группе относятся различные организационные факторы производства, потребление различных видов энергии, а так же загрузка оборудования.

1 Электроснабжение кабельного завода

1.1 Технологический процесс кабельного завода

Как правило, кабельные изделия изготавливают большой длины, поэтому многие технологические операции производят при их перематке с отдающего на приемное устройство; при этом на непрерывно движущуюся заготовку накладывают слои изоляции, оболочки, защитные покровы или производят другие технологические операции.

Кабельные изделия изготавливают в несколько технологических этапов на различном оборудовании, а тарой для транспортировки полуфабрикатов и готовых изделий служит катушка или барабан [2].

Разнообразие конструкций кабельных изделий и применение различных изоляционных материалов потребовали создания целого комплекса технологических процессов для их производства. В кабельной промышленности сложилась традиция проектирования и создания заводов и цехов по технологическому принципу, когда специализация определяется материалами и способами их переработки в кабельные изделия (например, цех или завод по производству кабелей и проводов с резиновой, пластмассовой, бумажной пропитанной изоляцией и т. п.). В то же время некоторые технологические операции используют при изготовлении кабелей и проводов независимо от материала изоляции.

Производственный цикл изготовления кабелей или проводов можно разделить на несколько основных процессов: производство проволоки для токопроводящих жил; скрутка жилы (не для всех кабелей) наложение изоляции; оболочки и защитных покровов. Кроме того, для производства многожильных кабелей создана технология скрутки изолированных жил в кабель.

При рассмотрении общей технологической схемы изготовления кабелей и проводов необходимо учитывать ряд вспомогательных технологических операций, которые организованы не на всех кабельных заводах: изготовление резиновых смесей; варка пропитывающей массы для силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией; волочение медной и алюминиевой проволоки; варка компаундов для защитных покровов и др.

При изготовлении некоторых проводов и кабелей из-за их конструктивных особенностей часть технологических операций не используют.

Технологические операции, предназначенные для изготовления определенного конструктивного элемента, с использованием различных материалов отличаются друг от друга. Например, операции наложения изоляции из бумаги и резины различны и производятся на различном технологическом оборудовании.

В кабельной промышленности используют дефицитные и дорогостоящие материалы, из которых изготавливают изделия повышенной надежности и с большим сроком службы. Кабели и провода относятся к неремонтируемым изделиям, их срок службы существенно превышает срок службы других электротехнических изделий.

На кабельных заводах проволоки круглой и фасонной формы изготавливают способом волочения медной и алюминиевой катанки или способом подтяжки проволоки больших размеров. На некоторых крупных кабельных заводах для изготовления катанки устанавливают прокатные станы.

Волочением называется процесс холодной обработки металлов давлением, при котором обрабатываемая проволока или другая заготовка проходит через волочильный инструмент (волоку) и принимает форму и размеры его внутреннего канала с поперечным сечением меньше сечения заготовки. Уменьшение сечения приводит к увеличению длины проволоки. Это изменение называется вытяжкой.

На заводе применяются следующие волочильные станы:

- Волочильный стан ВСК-13 предназначен для многократного волочения со скольжением медной катанки с диаметром 8 мм до 1,0-3,5 мм. При подборке соответствующей смазки возможно волочение алюминиевой катанки с диаметра 9 мм до 1,6-4,3 мм. Имеется приставка отжига на проход со скоростью до 25м/с с приемом на катушку с диаметром щеки 630 мм.

- Машина ВМ-13 предназначена для волочения алюминиевой проволоки с катанки диаметром 9,5 мм до 1,73-2,72 мм за 9-13 протяжек и с намоткой готовой проволоки на катушки.

- Волочильная машина без скольжения Breitenbach предназначена для волочения круглой и фасонной проволоки из медной и алюминиевой катанки.

Скрутка является одним из наиболее распространенных технологических процессов кабельного производства. Из отдельных проволок скручиваются токопроводящие жилы и неизолированные провода. Из изолированных жил скручиваются либо непосредственно кабели и провода, либо (при изготовлении кабелей связи) их составные части, из которых в свою очередь скручиваются кабели.

Скрутка – это такой процесс объединения отдельных элементов (проволок, жил, групп, пучков), при котором каждый из них располагается по винтовой линии вокруг центральных (одного или нескольких) элементов.

Каждый периферийный элемент скрутки в пространстве образует спираль. Основная цель скрутки – придать изделию (кабелю или проводу) устойчивую конструкцию и гибкость.

Скрутка осуществляется на крутильных машинах. Характерными для крутильных машин являются следующие два принципиальные обстоятельства. Первое – весьма широкий диапазон их габаритов – от долей

метра до нескольких метров диаметром и десятков метров в длину. Это объясняется тем, что приходится скручивать как тончайшие жилы диаметром 0,15– 0,20 мм, так и мощные кабели диаметром около 100 мм. Второе–исключительное многообразие конструкций машин. Последнее в свою очередь обусловлено, во-первых, возможностями осуществления скрутки различными способами, и, во-вторых, постоянными поисками путей усовершенствования этого старейшего процесса кабельного производства.

В процессе производства кабелей и проводов с пластмассовой и резиновой изоляцией широкое распространение получили экструдеры (червячные прессы), которые позволяют осуществлять непрерывный процесс наложения изоляции или оболочки и выпускать кабельную продукцию практически неограниченной длины. Процесс такого непрерывного производства изоляции или оболочки называют экструзией или выдавливанием, а сами прессы– экструдерами.

Наиболее широко путем экструзии перерабатываются такие термопластичные высокомолекулярные соединения, как полиэтилен, полипропилен, полиамиды, поливинилхлоридные пластикаты, некоторые виды фторопластов, а также различные резиновые смеси.

Одним из основных преимуществ переработки полимеров в экструдерах является непрерывность процесса, а это в свою очередь открывает широкие возможности для совмещения процесса изолирования (или наложения оболочки) с другими операциями при изготовлении кабелей и проводов. Кроме того, непрерывный процесс производства кабелей и проводов открывает широкие возможности для автоматизации производственных процессов, что способствует более эффективному и качественному их осуществлению.

Почти все технологические операции изготовления кабелей и проводов сопровождаются перемоткой полуфабриката с отдающего барабана на приемный. Перемотка в процессе технологических операций должна быть равномерной, с определенной заданной скоростью и стабильным натяжением.

Для непрерывного поступления изделия внутрь машины с постоянной заданной скоростью применяют отдающее, тяговое и приемное устройства, которые в целях унификации подразделяют не по машинам, а по функциональной принадлежности, то есть по массе и размерам кабельного изделия, а также по линейной скорости и др.

Столовое помещение предназначено для питания всех рабочих кабельного завода.

Компрессорная служит для нагнетания воздуха.

Механический цех предназначен для ремонта и проверки волочильных станков.

Насосная предназначена для перекачки воды.

1.2 Исходные данные

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 800 МВА. На подстанции установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 37/6,3 кВ. Мощность к.з. на стороне 35 кВ равна 1200 МВА. Трансформаторы работают параллельно. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки по цехам

№№ п/п	Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P_n	ΣP_n
1	2	3	4	5
1	Механический цех №1	110	1÷70	4200
2	Волоочильный цех	120	1÷90	3200
3	Проволочный цех	33	10÷175	720
4	Компрессорная 0,4 кВ	12	1÷27	320
5	Опрессовочный цех	72	2÷25	850
6	Склад металла	7	1÷20	50
7	Административный корпус	28	2÷25	200
8	Столовая	24	1÷42	220
9	Склад ГСМ	10	1÷5	30
10	Склад готовой продукции	12	1÷60	250
11	Насосная станция	10	50÷100	350
12	Металлоткацкий цех	52	2÷70	1300

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 формулам[3]:

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

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

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 1м^2 поверхности пола известной производственной площади[3]:

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

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

ρ_o – удельная расчетная мощность в кВт на 1м^2 .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1.

2.2 Расчет низковольтных электрических нагрузок по предприятию

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам предприятия производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 2.1

Таблица 2.1 - Расчет нагрузки на освещение

№ по плану	Наименование производственного помещения	Размеры помещения, длина (м) × ширина (м)	Площадь помещения, м ²	Удельная осветительная нагрузка $\rho_{0,2}$, кВт/м ²	Коэффициент спроса, Кс	Расчетная мощность осветительной нагрузки		cosφ / tgφ	Тип источника света
						Рро, кВт	Qро, квар		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Механический цех №1	156×75	11700	0,015	0,8	140,4	67,392	0,9/0,48	ДРЛ
2	Волоочильный цех	(69×132)+(171×51)	17829	0,015	0,8	213,95	102,7	0,9/0,48	ДРЛ
3	Проволочный цех	57×27	1539	0,015	0,8	18,47	8,865	0,9/0,48	ДРЛ
4	Компрессорная 0,4 кВ	24×27	648	0,013	0,7	5,897	0	1/0	ЛН
5	Опресовочный цех	171×15	2565	0,015	0,8	30,78	14,774	0,9/0,48	ДРЛ
6	Склад металла	27×14	378	0,01	0,6	2,268	0	1/0	ЛН
7	Административный корпус	95×24	2280	0,02	0,9	41,04	19,7	0,9/0,48	ДРЛ
8	Столовая	45×24	1080	0,02	0,9	19,44	9,331	0,9/0,48	ДРЛ
9	Склад ГСМ	30×18	540	0,01	0,6	3,24	0	1/0	ЛН
10	Склад готовой продукции	51×15	765	0,01	0,6	4,59	0	1/0	ЛН
11	Насосная станция	18×15	270	0,013	0,7	2,457	0	1/0	ЛН
12	Металлоткацкий цех	69×27	1863	0,015	0,8	22,36	10,733	0,9/0,48	ДРЛ
	Освещение территории	312×297	51207	0,005	1	256	122,9	0,9/0,48	ДРЛ

Таблица 2.2 - Расчет электрических нагрузок по цехам, U = 0,4кВ

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП,	Установленная мощность, кВт	m	Ки	cos φ	Средние нагрузки	п ₃	Км	Расчетные нагрузки	Iр, А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		n	$P_{H \min} \div P_{H \max}$	ΣP_H			/tg φ	Pc м, кВ т	Qсм, квар			Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА	
1	Механический цех №1 а) силовая	1 1 0	1÷70	42 00	> 3	0,2 5	0,6 5/ 1,1 7	105 0	1228 ,5	11 0	1,1 2	1176	1228,5		
	б) осветительная											140,4	67,392		
	Итого											1316,4	1295,892	1847,23	2638,9
2	Волоочильный цех а) силовая	1 2 0	1÷90	32 00	> 3	0,5	0,7 5/ 0,8 8	160 0	1408	71	1,1	1760	1408		
	б) осветительная											213,95	102,7		
	Итого											1973,95	1510,7	2485,7	3551
3	Проволочный цех а) силовая	3 3	10÷1 75	72 0	> 3	0,3	0,7/ 1,0 2	216	220, 3	8	1,7 2	371,5 2	242,3		
	б) осветительная											18,47	8,865		
	Итого											390	251,2	464	324,8
4	Компрессорная 0,4 кВ а) силовая	1 2	1÷27	32 0	> 3	0,6	0,7/ 1,0 2	192	195, 84	12	1,2 3	236,1 6	195,84		
	б) осветительная											5,897	0		
	Итого											242,057	195,84	311,36	444,8
5	Опресовочный цех а) силовая	7 2	2÷25	85 0	> 3	0,3	0,7/ 1,0 2	255	260, 1	68	1,1 2	285,6	260,1		
	б) осветительная											30,78	14,774		
	Итого											316,38	274,874	419,11	598,73

6	Склад металла	7	1÷20	50	>	0,8/ 0,7					1,7				
	а) силовая				3	0,4	5	20	15	5	6	35,2	16,5		
	б) осветитель ная											2,268	0		
	Итого											37,46 8	16,5	40,9	58,5

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	Административный корпус а) силовая	28	2÷25	200	> 3	0,4	0,7 / 1,0	80	81,6	16	1,28	102,4	81,6		
	б) осветительная											41,04	19,7		
	итого											143,44	101,3	175,6	250,86
8	Столовая а) силовая	24	1÷42	220	> 3	0,45	0,9 / 0,48	110	52,8	10	1,34	147,4	58,08		
	б) осветительная											19,44	9,331		
	итого											166,84	67,411	180	257,1
9	Склад ГСМ а) силовая	10	1÷5	30	> 3	0,33	0,8 / 0,75	9	6,75	10	1,6	14,4	7,1		
	б) осветительная											3,24	0		
	итого											17,64	7,1	19	27,16
10	Склад готовой продукции а) силовая	12	1÷60	250	> 3	0,33	0,8 / 0,75	75	56,25	8	1,72	129	61,88		
	б) осветительная											4,5	0		
	итого											133,59	61,88	147,23	210,32
11	Насосная станция а) силовая	10	50÷100	350	< 3	0,6	0,7 / 1,0	210	214,2	7	1,33	279,3	235,62		
	б) осветительная											2,457	0		
	итого											281,75	235,62	367,29	524,7
12	Металлоткацкий цех а) силовая	52	2÷70	1300	> 3	0,53	0,6 / 1,3	650	864,5	37	1,13	734,5	864,5		
	б) осветительная											22,36	10,733		
	итого											756,86	875,233	1157,1	1653
	Освещение территории											256	122,9		
	Итого на шинах 0,4 кВ											6032,38	5016,45	7845,66	11208,1

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.

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 6032,38 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 5016,45 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 7845,66 \text{ кВА}.$$

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

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

$$N_{т \min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N; \quad (2.4)$$

$$N_{т \min} = \frac{6032,38}{0,8 \times 1000} + 0,46 = 8,$$

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

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

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

ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{т.э} = N_{\min} + m; \quad (2.5)$$

$$N_{т.э} = 8 + 0 = 8,$$

где m – дополнительное число трансформаторов.

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

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{\text{ТЗ}} \times S_{\text{НТ}} \times K_3)^2 - P_{\text{р0,4}}^2} = \sqrt{(8 \times 1000 \times 0,8)^2 - 6032,38^2} = 2137,85 \text{ квар.}$$

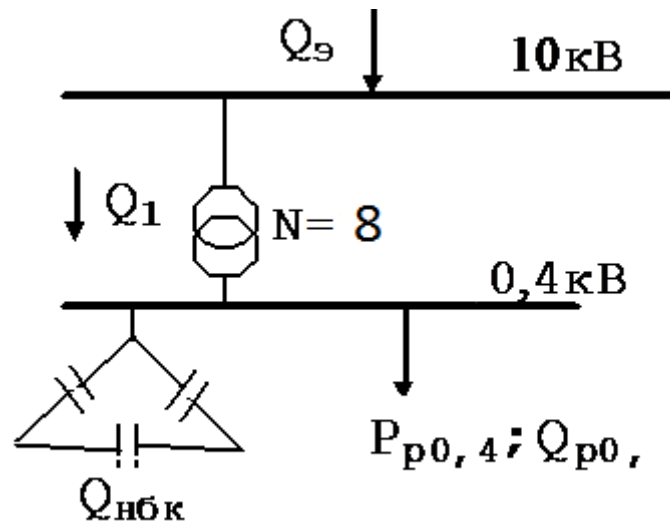


Рисунок 2.1

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

$$Q_{\text{нбк}} = Q_{\text{р0,4}} - Q_1, \text{ квар;} \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{нбк}} = 5016,45 - 2137,85 = 2878,6 \text{ квар.}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{\text{нбк ТП}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{ТЗ}}} = \frac{2878,6}{8} = 359,8 \text{ квар.}$$

Принимаем тип НБК: УКЛН-0,38-300-150 УЗ.

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

Таблица 2.3 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ТП, S _{н.тр} , Q _{НБК}	№ цехов	P _{р0,4} , кВт	Q _{р0,4} , квар	S _{р0,4} , кВА	Кз
1	2	3,0	4,0	5	6
ТП1 (2×1000) кВА	1	1316,4	1295,892		
ТП2 (2×1000) кВА	4	242,057	195,84		
	7	143,44	101,3		
Q _{НБК} =4×300=1200 квар	8	166,84	67,411		
	9	17,64	7,1		
	12	756,86	875,233		
	осв.тер.	256	122,9		
			-1200		
Итого		2899,24	1465,68	3248,66	0,81
ТП3 (2×1000) кВА	2	1973,95	1510,7		
ТП4 (2×1000) кВА	3	390	251,2		
	5	316,38	274,874		
Q _{НБК} =4×300=1200 квар	6	37,468	16,5		
	10	133,59	61,88		
	11	281,75	235,62		
			-1200		
Итого		3133,14	1150,77	3337,79	0,83

2.4 Расчет электрических нагрузок на шинах 6 кВ

2.4.1 Определение потерь мощности в ЦТП

Определим расчетные активные потери мощности:

$$\sum \Delta P_{mp} = N \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) \text{ Вт.} \quad (2.7)$$

Определим расчетные реактивные потери мощности:

$$\sum \Delta Q_{mp} = N \left(\frac{I_{xx} \cdot S_{н.тр}}{100} + \frac{U_{кз} \cdot S_{н.тр} \cdot K_3^2}{100} \right) \text{ квар.} \quad (2.8)$$

Таблица 2.4 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, Вт		Напряжение кз, %	Ток хх, %
	ВН	НН	хх	Кз		
ТСЛ(З)-1000	6-10	0,4	1800	9800	6,0	0,7

Находим потери активной и реактивной мощности для:
 ТП1, ТП2
 $K_3 = 0,81; N = 4.$

$$\Delta P_{mp1,2} = 4 \cdot (1800 + 9800 \cdot 0,81^2) = 32919,12 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp1,2} = 4 \cdot \left(\frac{0,81}{100} \cdot 1000 + \frac{6,0}{100} \cdot 1000 \cdot 0,81^2 \right) = 189,86 \text{ квар.}$$

ТП3, ТП4
 $K_3 = 0,81; N = 4.$

$$\Delta P_{mp3,4} = 4 \cdot (1800 + 9800 \cdot 0,83^2) = 34204,88 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp3,4} = 4 \cdot \left(\frac{0,83}{100} \cdot 1000 + \frac{6,0}{100} \cdot 1000 \cdot 0,83^2 \right) = 198,54 \text{ квар.}$$

Суммарные потери во всех трансформаторах:

$$\Delta P_{mp\Sigma} = \Delta P_{mp1,2} + \Delta P_{mp3,4} = 32919,12 + 34204,88 = 67,12 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{mp\Sigma} = \Delta Q_{mp1,2} + \Delta Q_{mp3,4} = 189,86 + 198,54 = 388,4 \text{ квар.}$$

2.4.3 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

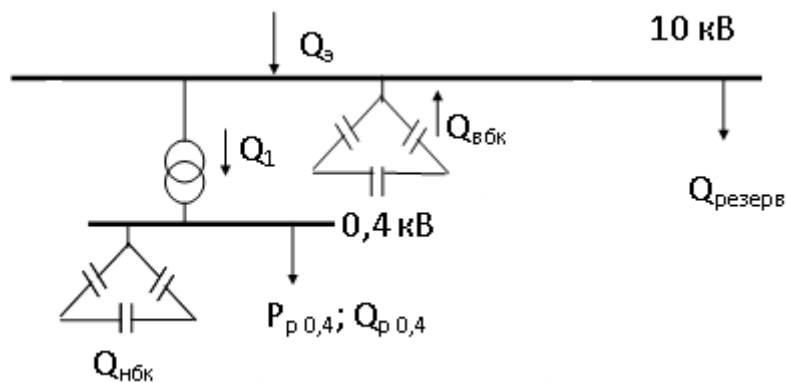


Рисунок 2.2

Составляется уравнение баланса реактивной мощности на шинах 6-10 кВ относительно $Q_{ВБК}$:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \sum \Delta Q_{mp} + Q_{рез} - Q_{э} - Q_{НБК}; \quad (2.9)$$

$$Q_{ВБК} = 5016,45 + 388,44 + 540,49 - 1524,88 - 8 \cdot 300 = 1820,46 \text{ квар},$$

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

$$Q_{э} = (0,23 \div 0,25) \sum P_p = (0,23 \div 0,25) \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_{mp}); \quad (2.10)$$

$$Q_{э} = 0,25 \cdot (6032,38 + 67,12) = 1524,88 \text{ квар},$$

где $Q_{рез}$ – величина резерва реактивной мощности на предприятии, определяется по формуле:

$$Q_{рез} = (0,1 \div 0,15) \sum Q_p = (0,1 \div 0,15) \cdot (Q_{p0,4} + \Delta Q_{mp}); \quad (2.11)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot (5016,45 + 388,4) = 540,49 \text{ квар}.$$

Полученную реактивную мощность используем для компенсации на шинах ГПП.

Для компенсации реактивной мощности на шинах выбираем высоковольтные батареи конденсатора типа 2хУКЛ-10,5-900 УЗ.

$$\sum Q_{ВБК} = 2 \times 900 = 1800 \text{ квар}.$$

Расчет силовой нагрузки по заводу, включая низковольтную и высоковольтную нагрузки, потери в трансформаторах ЦТП, приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Уточненной расчет мощности по промышленному предприятию

№№ТП, S _{HT} , Q _{БК} ТП	№ № цеха	n	P _{n min} – P _{n max}	ΣP _H	K и	Средняя мощность		n _э	K _M	Расчетные мощности			K _з
						P _{сM} , кВт	Q _{сM} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП1, ТП2 (4×1000) кВА	11	11		420		105							
	10	1	1÷70	0		0	1228,5						
	12	4	1÷27	320		192	195,84						
	28	7	2÷25	200		80	81,6						
	24	8	1÷42	220		110	52,8						
	10	9	1÷5	30		9	6,75						
Силовая: Освещени е: Освещени е территори и Q _{НБК} Итого	130			130									
	52	12	2÷70	0		650	864,5						
	23			627	0,	209	2234,1	17	1,0	2180,5	2234,1		
	6	23	2÷70	0	3	1	5	9	8	2	5		
										232,38	107,16		
										256	122,9 -1200		
											1264,2	2953,1	0,7
										2668,9	1	8	4
ТП3, ТП4 (4×1000) кВА	12	12		320		160							
	0	2	1÷90	0		0	1408						
	33	3	10÷17	720		216	220,3						
	5	5											
	72	5	2÷25	850		255	260,1						
	7	6	1÷20	50		20	15						
Силовая: Освещени е:	12	10	1÷60	250		75	56,25						
	10		50÷10										
	10	11	0	350		210	214,2						
	25			542	0,	237	2173,8		1,1	2661,1	2173,8		
4	25	10÷17	0	4	6	5	62	1,1	2	2	5		
										272,43	126,34		

3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 37/6,3 кВ. Мощность к.з. на стороне 37 кВ равна 1200 МВА. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от энергосистемы до завода 4 км. Предприятие работает в 2 смены.

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

1. II вариант – ЛЭП 35 кВ;
2. III вариант – ЛЭП 6 кВ.

Вариант 1

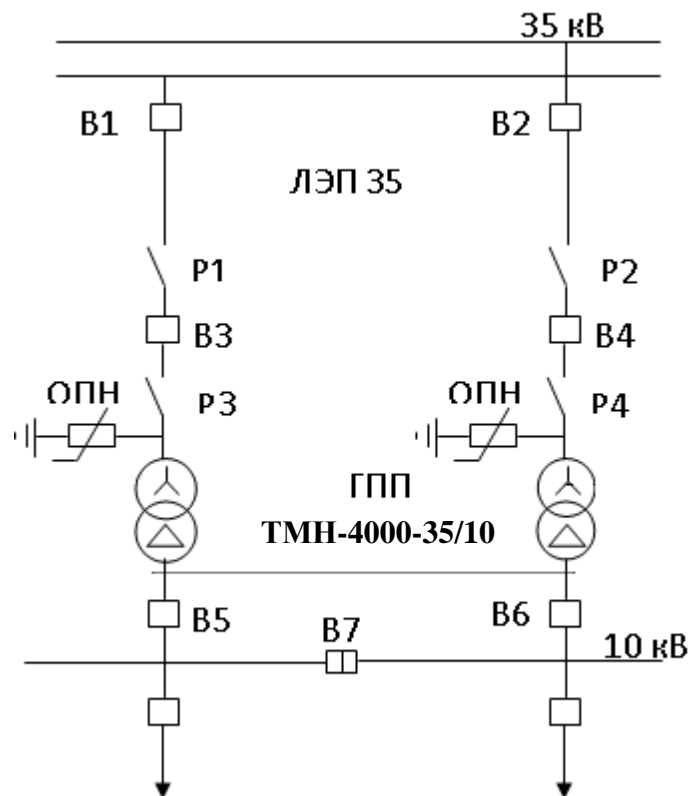


Рисунок 3.1 - Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{5669,57^2 + 1524,88^2} = 5871,05 \text{ кВА};$$

Рассмотрим 2 трансформатора мощностью 4000 кВА:

$$K_3 = \frac{S_{p\Gamma\Pi\Pi}}{2 \cdot S_{\text{ном.тр}}} \frac{5871,05}{2 \cdot 4000} = 0,73 \leq 0,85.$$

Таблица 3.1 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение кз, %	Ток хх, %
	ВН	НН	хх	кз		
ТМН-4000/35	35	11	5,7	33,5	7,5	1

Трансформаторы силовые масляные трехфазные с естественной циркуляцией масла с регулированием напряжения под нагрузкой (ТМН), с диапазоном регулирования 4х2,5%, общепромышленного исполнения.

Изготавливают для регионов с умеренным климатом с перепадом температур от -45 до +40 градусов Цельсия.

Трансформаторы имеют плоскошпихтованную магнитную систему из высококачественной электротехнической стали.

Обмотки цилиндрические многослойные, выполнены из алюминиевого провода. Структура условного обозначения ТМН-Х/35-У1

трансформатор ТМН — Х/35/Х-Х1

Т — трехфазный трансформатор.

М — охлаждение с естественной циркуляцией воздуха и масла.

Н — регулирование напряжения под нагрузкой РПН диапазон $\pm 4 \times 2,5\%$.

Х — номинальная мощность трансформатора, кВА.

35 — класс напряжения на стороне ВН, кВ.

Х — класс напряжения на стороне НН, (6; 10) кВ.

У1- климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150.

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (5,7 + 33,5 \cdot 0,73^2) = 47,1 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot \left(\frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 4000 + \frac{7,5}{100} \cdot 4000 \cdot 0,73^2 \right) = 399,74 \text{ квар.}$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{T,\Gamma\Pi\Pi} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \tau \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2), \quad (3.1)$$

где $T_{\text{вкл}}$ — число часов включения, для двухсменной работы $T_{\text{вкл}} = 4000$ ч;

τ — число часов использования максимума потерь и зависит от числа часов использования максимума нагрузки:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \times 8760, \text{ ч}, \quad (3.2)$$

где $T_M = 3000\text{ч}$ – число часов использования максимума.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{3000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1575 \text{ ч}; \quad (3.3)$$

$$\Delta W_{T, ГПП} = 2 \cdot (5,7 \cdot 4000 + 1575 \cdot 33,5 \cdot 0,73^2) = 101834 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Выбираем сечение проводов ЛЭП 35 кВ

Определим мощность, проходящую по ЛЭП

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + Q_3^2}; \quad (3.4)$$

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(5669,57 + 47,1)^2 + 1524,88^2} = 5916,55 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{5916,55}{1,73 \cdot 37} = 92,3 \text{ А};$$

$$I_p = \frac{I_{\text{ав}}}{2} = \frac{92,3}{2} = 46,16 \text{ А}.$$

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

$$F_э = \frac{I_p}{j_э} = \frac{46,16}{1,1} = 42 \text{ мм}^2,$$

где $j_э = 1,1 \text{ А/мм}^2$ – плотность тока для воздушных линий.

Принимаем стандартное ближайшее сечение $F_э = 50 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 210 \text{ А}$

б) по условию потерь на «корону»

Принимается провод марки АС -50, $I_{\text{доп}} = 210 \text{ А}$.

в) на нагрев рабочим током

$$I_{\text{доп.пров.}} > I_p, \quad (210 \text{ А} > 46,16 \text{ А});$$

г) по аварийному режиму

$$1,3 \times I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{ав.}}, \quad (273 > 92,3 \text{ А});$$

Окончательно принимаем провод марки АС-50, $I_{\text{доп}} = 210 \text{ А}$
 Определим потери электрической энергии в ЛЭП 35 кВ

$$\Delta W_{\text{ЛЭП35}} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{кВт}\cdot\text{ч}, \quad (3.5)$$

где $R = r_0 \cdot l, \text{Ом};$

$r_0 = 0,65 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС-50.

$$\Delta W_{\text{ЛЭП35}} = 2 \cdot 3 \cdot 46,16^2 \cdot (0,65 \cdot 4) \cdot 10^{-3} \cdot 1575 = 52352, \text{кВт}\cdot\text{ч}$$

Выбор оборудования на $U=35 \text{ кВ}$.

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

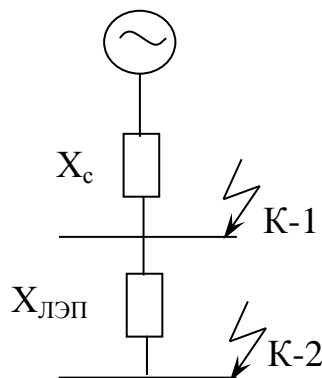


Рисунок 3.2 Схема замещения

Определяем базисный ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_6} = \frac{1000}{1,73 \cdot 37} = 15,6 \text{ кА.}$$

Определяем сопротивление системы:

$$x_c = \frac{S_c}{S_{\text{к.з}}} = \frac{400}{380} = 1,05 \text{ о.е.}$$

Определяем сопротивление ЛЭП:

$$x_{\text{ЛЭП}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,35 \cdot 4 \cdot 1000}{37^2} = 1,02 \text{ о.е.}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-1:

$$I_{K-1} = \frac{I_6}{x_c} = \frac{15,6}{1,05} = 14,8 \text{ кА} .$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-2:

$$I_{K-2} = \frac{I_6}{x_c + x_{\text{ЛЭП}}} = \frac{15,6}{1,05 + 1,02} = 7,54 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток в точке К-1:

$$i_{y\partial 1} = K_{y\partial} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K-1} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 14,8 = 37,67 \text{ кА}.$$

Определяем ударный ток в точке К-2:

$$i_{y\partial 2} = K_{y\partial} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K-2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 7,54 = 19,1 \text{ кА}.$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{K-1} = \sqrt{3} \cdot I_{K-1} \cdot U_H = 1,73 \cdot 14,8 \cdot 37 = 947,35 \text{ МВА};$$

$$S_{K-2} = \sqrt{3} \cdot I_{K-2} \cdot U_H = 1,73 \cdot 7,54 \cdot 37 = 482,6 \text{ МВА}.$$

После расчета токов КЗ произведем выбор оборудования

- выключатели В1, В2, В3, В4: 3AP1DT-145/ЕК

$$I_H > I_p; \quad 1000 \text{ А} > 46,16 \text{ А}.$$

$$I_{\text{отк}} > I_{\text{кз}}; \quad 31,5 \text{ кА} > 7,54 \text{ кА}.$$

$$I_{\text{пред.ком}} > i_{\text{уд}}; \quad 31,5 \text{ кА} > 19,1 \text{ кА}.$$

- разъединители: DBF-145N

Таблица 3.2 - Данные разъединителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_H = 35 \text{ кВ}$ $I_H = 1000 \text{ А}$ $I_{\text{скв.ампл.}} = 25 \text{ кА}$ $I_{\text{пред.терм. ст.}} = 63 \text{ кА}$	$U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_p = 46,16 \text{ А}$ $i_{y\partial 2} = 19,1 \text{ кА}$ $I_{K2} = 7,54 \text{ кА}$	$U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_p$ $I_{\text{скв.ампл.}} \geq i_{y\partial 2}$ $I_{\text{пред.терм. ст.}} \geq I_{K2}$

- ограничители перенапряжения: ОПНп-35, $U_H = 35 \text{ кВ}$

Таблица 3.3 - Виды оборудования

Вид защиты	Наименование	Цена, млн.тенге
ОПН	ОПНп-35	0,5
Выключатели	ЗАР1DT-145/ЕК	8
Разъединитель	DBF-145N	4
Трансформатор	ТМН-4000/35	30
ЛЭП	АС-50	2,25

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование

1) Затраты на трансформаторы ГПП :

$$K_{тр.гпп} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ млн.тенге.}$$

2) Затраты на ЛЭП-35 кВ:

$$K_{ЛЭП-35} = 1 \cdot K_{лэп} = 4 \cdot 2,25 = 9 \text{ млн. тенге.}$$

3) Затраты на выключатели В1-В4:

$$K_{В1-В4} = 4 \cdot 8 = 32 \text{ млн. тенге.}$$

4) Затраты на разъединитель:

$$K_{разъед.} = 4 \cdot 4 = 16 \text{ млн. тенге.}$$

5) Затраты на ОПН :

$$K_{ОПН} = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные затраты:

$$\Sigma K_I = K_{тр.гпп} + K_{ЛЭП-35} + K_{В1-В4} + K_{разъед.} + K_{ОПН}; \quad (3.6)$$

$$\Sigma K_I = 60 + 9 + 32 + 16 + 2 = 119 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки рассчитываются по формуле

$$\Sigma И_I = И_a + И_{пот} + И_{эсп.} \quad (3.7)$$

Амортизационные отчисления $И_a$: $И_a = E_a \cdot K$.

Для ВЛ-35 кВ на железобетонных опорах $E_a = 0,028$.

Для распределителей и подстанций $E_a = 0,063$.

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$I_{a.обор.} = E_{a.обор.} \cdot \Sigma K_{обор.} = E_{a.обор.} \cdot (K_{В1-В4} + K_{разъед.} + K_{ОПН} + K_{тр.зпп}); \quad (3.8)$$

$$I_{a.обор.} = 0,063 \cdot (32 + 16 + 2 + 60) = 6,93 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные отчисления на ЛЭП:

$$I_{a.лэп} = E_{a.лэп} \cdot K_{лэп} = 0,028 \cdot 9 = 252 \text{ тыс. тенге.}$$

Суммарные амортизационные отчисления:

$$I_a = I_{a.обор.} + I_{a.лэп} = 6,93 + 0,252 = 7,182 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экспл.обор.} = E_{экспл.обор.} \cdot \Sigma K_{обор.} = 0,03 \cdot 110 = 3,3 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП

$$I_{экспл.лэп} = E_{экспл.лэп} \cdot K_{лэп} = 0,028 \cdot 9 = 0,252 \text{ млн.тенге.}$$

Стоимость потерь электроэнергии $C_o = 14 \text{ тг/кВт} \cdot \text{ч}$.

Определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{пот} = C_o \cdot (\Delta W_{тр. зпп} + \Delta W_{ЛЭП-ЗС}) = 14 \cdot (101834 + 52352) = 2,159 \text{ млн.тенге.}$$

Определим суммарные издержки

$$\Sigma I_I = 7,182 + 2,159 + 3,3 = 12,641 \text{ млн.тенге.}$$

Приведенные затраты, являющиеся мерой стоимости, определяются по выражению

$$Z_I = E \cdot K_I + I_I = 0,12 \cdot 119 + 12,641 = 26,921 \text{ млн.тенге,}$$

где $E = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Вариант 2

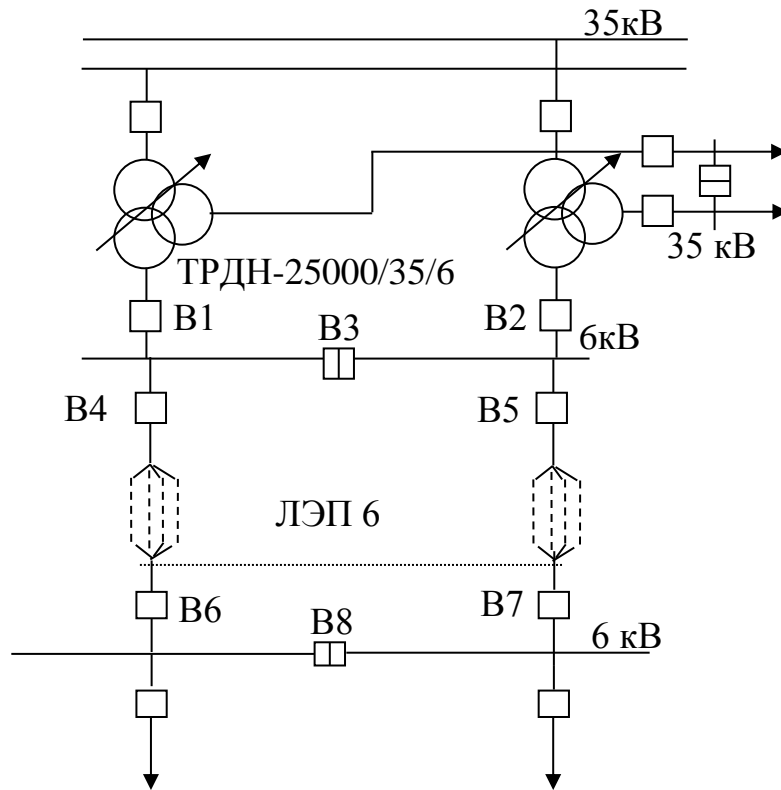


Рисунок 3.3 - Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по II варианту аналогично по формулам (3.1-3.8).

Выбираем сечение проводов ЛЭП 6 кВ.

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} = \sqrt{5669,57^2 + 1524,88^2} = 5871,05 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{5871,05}{1,73 \cdot 6,3} = 538 \text{ А};$$

$$I_p = \frac{I_{\text{ав}}}{2} = \frac{538}{2} = 269 \text{ А}.$$

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

$$F_э = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{269}{1,1} = 239,6 \text{ мм}^2,$$

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

Так как для ЛЭП 6 кВ максимальное сечение 120 мм^2 , то принимаем $F = 2 \times 120 = 240 \text{ мм}^2 > 239,6 \text{ мм}^2$.

Принимаем провод типа $2 \times \text{АС-120}$, $I_{доп} = 380 \text{ А}$.

б) на нагрев рабочим током:

$I_{доп. пров.} > I_p$, ($2 \times 380 \text{ А} > 239,6 \text{ А}$);

в) по аварийному режиму:

$1,3 \times I_{доп. пров.} > I_{ав.}$, ($1,3 \times 760 \text{ А} > 538 \text{ А}$);

Окончательно принимаем провод марки АС-120, $I_{доп} = 380 \text{ А}$.

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 6 кВ.

$$\Delta W_{ЛЭП6} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $r_0 = 0,137 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС-240;

$$R = r_0 \cdot \frac{l}{N} = 0,137 \cdot \frac{4}{2} = 0,274 \text{ Ом};$$

$$\Delta W_{ЛЭП6} = 2 \cdot 3 \cdot 269^2 \cdot 0,274 \cdot 10^{-3} \cdot 1575 = 187364,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Расчет II-го варианта прекращаем т.к. он экономически не целесообразен и конструктивно не допускается.

Таблица 3.3 - Сравнение вариантов

Вариант	Un, кВ	K _Э млн.тг.	I _Э млн.тг.	З _Э млн.тг.
I	37	119	12,641	26,921
II	6	не целесообразно использовать		

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

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

4.1 Расчет токов короткого замыкания $I_{кз}$ ($U = 6 \text{ кВ}$).

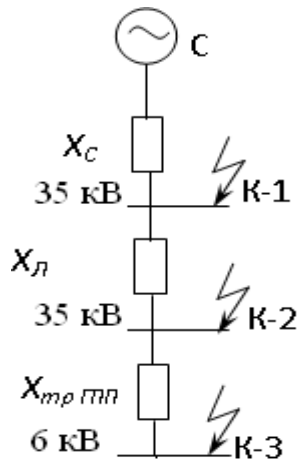


Рисунок 4.1 Схема замещения электроснабжения ГПП

$S_6 = 1000 \text{ МВА}$; $x_c = 1,05$; $U_6 = 6 \text{ кВ}$.

Определяем базисный ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{1000}{1,73 \cdot 6,3} = \frac{1000}{10,9} = 91,75 \text{ кА.}$$

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

$$x_{лЭП} = \frac{x_0 \cdot 1 \cdot S_6}{U_{ср}^2} = \frac{0,3 \cdot 4 \cdot 1000}{37^2} = 0,877 \text{ о.е.};$$

$$x_{тр. ГПП} = \frac{U_{кз} \cdot S_6}{100 \cdot S_{нт}} = \frac{7,5 \cdot 1000}{100 \cdot 4} = 18,75 \text{ о.е.}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-3:

$$I_{К-3} = \frac{I_6}{x_c + x_{лЭП} + x_{тр. ГПП}} = \frac{91,75}{1,05 + 0,877 + 18,75} = 4,44 \text{ кА};$$

$$I_{КЗ-\Sigma} = I_{К-3} = 4,44 \text{ кА.}$$

Ударный ток в точке К-3:

$$i_{y\partial K\Sigma} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{K3-\Sigma} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 4,44 = 11,3 \text{ кА.}$$

Мощность КЗ:

$$S_{K3\Sigma} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{K3-\Sigma} = 1,73 \cdot 6,3 \cdot 4,44 = 48,4 \text{ МВА.}$$

4.2 Выбор оборудования

4.2.1 Выбор выключателей

$$S_{\text{р.завода}} = \sqrt{P_p^2 + Q_s^2} = \sqrt{5669,57^2 + 1524,88^2} = 5871,05 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток

$$I_{\text{р.зав.}} = \frac{S_{\text{р.зав.}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5871,05}{2 \cdot 1,73 \cdot 6,3} = 269,34 \text{ А;}$$

$$I_{\text{ав.}} = I_{\text{р.зав.}} \cdot 2 = 269,34 \cdot 2 = 538,68 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5124-2

Через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, расчетный ток, проходящий через секционный выключатель:

$$I_p = \frac{I_{\text{ав.}}}{2} = \frac{538,68}{2} = 269,34 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5124-2.

Таблица 4.1 - Проверка выключателя

	Вводные выключатели		Секционный выключатель	
	Расчетные	Паспортные	Расчетные	Паспортные
U_H , кВ	6	6	6	6
I_H , А	538,68	630	269,34	630
$I_{\text{отк}}$, кА	4,44	12,5	4,44	12,5

Выбор выключателей отходящих линий

Магистраль ГПП - (ТП1-ТП2):

$$S_{pТП1,2} = \sqrt{(P_{pТП1,2} + \Delta P_{mp})^2 + (Q_{pТП1,2} + \Delta Q_{mp})^2};$$

$$S_{pТП1,2} = \sqrt{(2668,9 + 32,92)^2 + (1264,21 + 189,86)^2} = 3068,25 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_{pТП1,2}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3068,25}{2 \cdot 1,73 \cdot 6,3} = 140,6 \text{ А};$$

$$I_{ав.} = I_p \cdot 2 = 140,6 \cdot 2 = 281,2 \text{ А};$$

Выбираем выключатель типа ЗАН5124-2.

Таблица 4.2 - Проверка выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (I_{откл})^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$U = 6 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 281,2 \text{ А}$ $I_{кз} = 4,44 \text{ кА}$ $i_{уд} = 11,3 \text{ кА}$ $B = (I_{кз})^2 \cdot 0,12 = 2,37 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Привод электромагнитный, с магнитной защелкой	

Магистраль ГПП - (ТП3-ТП4):

$$S_{pТП3,4} = \sqrt{(P_{pТП3,4} + \Delta P_{mp})^2 + (Q_{pТП3,4} + \Delta Q_{mp})^2}; \quad (4.1)$$

$$S_{pТП3,4} = \sqrt{(2933,55 + 34,2)^2 + (1100,19 + 198,54)^2} = 3239,48 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_{pТП3,4}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3239,48}{2 \cdot 1,73 \cdot 6,3} = 148,44 \text{ А};$$

$$I_{ав.} = I_p \cdot 2 = 148,44 \cdot 2 = 296,88 \text{ А}.$$

Выбираем выключатель типа ЗАН5124-2.

Таблица 4.3 - Проверка выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (I_{откл})^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$U = 6 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 296,88 \text{ А}$ $I_{кз} = 4,44 \text{ кА}$ $i_{уд} = 11,3 \text{ кА}$ $W = (I_{кз})^2 \cdot 0,12 = 2,37 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Привод электромагнитный, с магнитной защелкой	

Линия ГПП-ВБК:

$$I_{рВБК} = \frac{Q_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{900}{1,73 \cdot 6,3} = 82,58 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа ЗАН5124-2.

Таблица 4.5 - Проверка выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (I_{откл})^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$U = 6 \text{ кВ}$ $I_{рВБК} = 82,58 \text{ А}$ $I_{кз} = 4,44 \text{ кА}$ $i_{уд} = 11,3 \text{ кА}$ $W = (I_{кз})^2 \cdot 0,12 = 2,37 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Привод электромагнитный, с магнитной защелкой	

4.2.2 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

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

а) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 4.6 - Данные приборов

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

Примем трансформатор тока ТОЛ-6/У3: $I_n = 600$ А; $U_n = 6$ кВ; $S_n = 20$ ВА.

Трансформаторы предназначены для передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, защиты, автоматики, сигнализации и управления, для изолирования цепей вторичных соединений от высокого напряжения в электрических установках переменного тока частоты 50 Гц

Трансформаторы устанавливаются в комплектные распределительные устройства внутренней установки класса напряжения 10 кВ.

Трансформаторы изготавливается в исполнении «У» и «Т» категории размещения 3 по ГОСТ 15150 и предназначены для эксплуатации в следующих условиях:

- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих покрытия, металлы и изоляцию (атмосфера типа II ГОСТ 15150);
- рабочее положение трансформаторов в пространстве - любое.

Таблица 4.7 - Проверка трансформаторов

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 6$ кВ	$U_n = 6$ кВ
$I_{ав} = 538,68$ А	$I_n = 600$ А
$i_{уд} = 11,3$ кА	$I_{дин} = 81$ кА
$S_{2p} = 10,5$ ВА	$S_{2n} = 20$ ВА

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

$$R_2 = R_{приб} + R_{пров} + R_{к-тов} . \quad (4.2)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} \text{ Ом}; \quad (4.3)$$

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

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

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

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

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

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

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

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

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

Выбираем трансформатор тока на секционном выключателе шин ГПП: ТОЛ-10/У3: $I_{\text{н}} = 800 \text{ А}$; $U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}} = 10 \text{ ВА}$.

Таблица 4.8 - Данные амперметра

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

Таблица 4.9 - Проверка трансформаторов

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 6 \text{ кВ}$

$I_p = 269,34 \text{ A}$	$I_n = 300 \text{ A}$
$i_{уд} = 20,1 \text{ кА}$	$I_{дин} = 81 \text{ кА}$
$S_{2p} = 4,4 \text{ ВА}$	$S_{2н} = 10 \text{ ВА}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4.10 - Данные приборов

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Трансформатор тока на линии ГПП - (ТП1-ТП2): $I_{\text{ав}}=281,2\text{А}$; примем трансформатор тока ТОЛ-10/У3: $I_{\text{н}}=200\text{А}$; $U_{\text{н}}=6\text{кВ}$; $S_{\text{н}}=10\text{ВА}$.

Таблица 4.11 - Проверка трансформаторов

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 6 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 281,2 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 300 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 20,1 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}} = 9,4 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}} = 10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП - (ТП3-ТП4): $I_{\text{ав}}=138,8\text{А}$; примем трансформатор тока ТОЛ-10/У3: $I_{\text{н}}=200\text{А}$; $U_{\text{н}}=10\text{кВ}$; $S_{\text{н}}=10\text{ВА}$.

Таблица 4.12 - Проверка трансформаторов

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 296,88 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 400 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 20,1 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}} = 9,4 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}} = 10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП-ВБК: $I_{p.ВБК}=74,32$ А; примем трансформатор тока ТОЛ-10/У3: $I_H = 100$ А; $U_H = 10$ кВ; $S_H = 10$ ВА.

Таблица 4.13 - Проверка трансформаторов

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{p.ВБК} = 82,58$ А	$I_H = 100$ А
$i_{уд} = 20,1$ кА	$I_{дин} = 52$ кА
$S_{2p} = 9,4$ ВА	$S_{2H} = 10$ ВА

4.2.3 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

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

Таблица 4.14 - Данные приборов

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos j$	$\sin j$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	Q_s , вар
V	Э-335	2	2	1	0	2	8	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	СА3-И681	3 Вт	2	0,38	0,925	4	24	58,32
Varh	СР4-И689	3 вар	2	0,38	0,925	4	24	58,32
Итого							62	116,64

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P_{общ}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{62^2 + 116,64^2} = 132,1 \text{ ВА} .$$

Принимаем ТН типа НАМИТ-6-У3

Таблица 4.15 - Данные трансформатора напряжения

$U_{HT} = 6$ кВ	$U_{HT} = 6$ кВ
$S_{H2} = 150$ кВА	$S_{p2} = 132,1$ ВА
Схема соединения обмоток $Y^{\circ}/Y^{\circ}/\Delta_1-0$	

4.2.4 Выбор выключателей нагрузки

ТП1,2 $I_p = 140,6$ А; ТП3,4 $I_p = 148,44$ А.

Для всех трансформаторов принимаем выключатель нагрузки типа ВНПу-6/400-10У3

Таблица 4.15 - Проверка выключателя нагрузки

Расчетные	Паспортные
$U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 140,6 - 148,44 \text{ А}$ $I_K = 4,44 \text{ кА}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 400 \text{ А}$ $I_{отк} = 10 \text{ кА}$

4.2.5 Выбор силовых кабелей отходящих линий

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

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

Выбираем кабель ГПП-ТП1-ТП2:

$$S_{\text{рТП1,2}} = 3068,25 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{р}} = 140,6 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = 281,2 \text{ А}.$$

а) по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{140,6}{1,4} = 100,4 \text{ мм}^2,$$

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

Принимаем кабель марки ААШв-6-(3х120) $I_{\text{доп}} = 260 \text{ А}$;

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

$$F_{\text{э.min}} = \alpha \cdot I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \cdot 4,44 \cdot \sqrt{0,4} = 33,7 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель ААШв-6-(3х50), $I_{\text{доп}} = 155 \text{ А}$.

Принимаем окончательно кабель *ААШв-6-(3x120)*, $I_{доп} = 260 \text{ А}$.

в) проверка по аварийному току:

$$I_{доп.ав} = 1,3 \cdot I_{ав}; \quad (4.4)$$

$$I_{доп.ав} \geq I_{ав}; (365,56 \text{ А} \geq 281,2 \text{ А}).$$

г) проверка по рабочему режиму с учетом поправочного коэффициента $K_{попр}$, зависящего от количества кабелей проложенных в одной траншее $K_{попр} = 1$ (1 кабель в траншее):

$$I_{р/K_{попр}} = \frac{140,6}{1} = 140,6 \text{ А};$$

$$I_{доп} \geq I_{р/K_{попр}}; (260 \text{ А} \geq 140,6 \text{ А}).$$

Условия выполняются, тогда окончательно принимаем кабель марки *ААШв-6-(3x120)*, с $I_{доп} = 260 \text{ А}$.

Все расчетные данные выбора остальных кабелей занесены в таблицу 4.16.

4.2.6 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 медные шины прямоугольного сечения марки МГТ-40x4; $I_{доп} = 625 \text{ А}$ (одна полоса на фазу), $I_{ав} = 538,68 \text{ А}$; $i_{уд} = 11,3 \text{ кА}$.

а) $I_{доп} \geq I_{ав}$; ($625 \text{ А} \geq 538,68 \text{ А}$);

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

$$F_{э.мин} = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t_{привед}} = 12 \cdot 4,44 \cdot \sqrt{1} = 53,28 < 160 \text{ мм}^2.$$

в) проверка по динамической стойкости к $i_{уд кз}$ $I_{доп} = 165 \text{ кгс/см}^2$:

$$f = \frac{1,75 \cdot 10^{-2} \cdot i_{уд}^2 \cdot l}{a} = \frac{1,75 \cdot 10^{-2} \cdot 11,3^2 \cdot 40}{10} = 8,94 \text{ кгс};$$

$$\sigma_{расч} = \frac{f \cdot l}{10 \cdot W} = \frac{8,94 \cdot 40}{10 \cdot 1,6} = 22,35 \text{ кгс};$$

$$W = 0,167 \cdot b \cdot h^2 = 0,167 \cdot 0,6 \cdot 4^2 = 1,6 \text{ см}^3,$$

где l – расстояние между изоляторами;
 a – расстояние между фазами;
 b – толщина одной полосы;
 h – ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы.

4.2.7 Выбор изоляторов

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

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

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

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

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

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

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot l}{a} = \frac{1,73 \cdot 10^{-1} \cdot 11,3^2 \cdot 40}{10} = \frac{5591,5}{10} = 88,36 \text{ кгс};$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-6-2000 УЗ, $F_{\text{разруш}} = 6000$ кгс.

5. Силовой электрический кабель

5.1 Общие сведения

Кабелем называют устройство, предназначенное для канализации электрической энергии и состоящее из одного или нескольких изолированных друг от друга проводников заключенных в герметическую защитную оболочку из резины, пластмассы, алюминия или свинца.

Кабель, имеющий поверх защитной оболочки покрытие (броню) из стальных лент, плоской или круглой проволоки (для защиты от механических повреждений), называются бронированными. Если защитные или броневые оболочки кабеля не пропитаны джутовой пропитанной пряжей, то такой кабель называют голым.

Различают кабели силовые и контрольные, силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии в осветительных и силовых электроустановках и в тех случаях, когда их применение экономически или технически более целесообразно, чем проводов. Контрольные кабели служат для создания цепей контроля, сигнализации и т.д.

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии. По типу изоляции различают: силовые кабели с бумажной изоляцией, в том числе пропитанные и маслonaполненные; силовые кабели с пластмассовой изоляцией; силовые кабели с резиновой изоляцией. Приведенная классификация в известной мере условна, однако позволяет систематически представить сведения о части кабелей, насчитывающей более 1000 марок и конструкций.

Марка кабеля (провода) - это буквенное обозначение, характеризующее материал токопроводящих жил, изоляцию, степень гибкости и конструкцию защитных покровов. В маркировке отечественных проводов используются следующие обозначения:

- первая буква указывает на материал токопроводящей жилы (скажем, А - алюминий); отсутствие в марке провода буквы означает, что токопроводящая жила выполнена из меди;
- вторая буква обозначает провод;
- третья буква означает материал изоляции (например, Р - резина, В - поливинилхлорид, П - полиэтилен).

В марках проводов и шнуров могут также присутствовать буквы, характеризующие другие элементы конструкции: О - оплетка, Т - для прокладки в трубах, П - плоский, Ф - металлическая фальцованная оболочка, Г - гибкий и т. д.

Силовые кабели состоят из одной, трех или четырех одно- или многопроволочных медных или алюминиевых жил. Последние изолированы друг от друга и окружающей среды бумажно-пропитанной, резиновой или пластмассовой изоляцией, герметизированы свинцовыми, алюминиевыми, пластмассовыми или резиновыми оболочками. Защита представлена, как правило, броней из стальных лент или оцинкованной стальной проволоки, а также защитными антикоррозийными покровами.

Кабельная линия служит для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов и состоит из одного или нескольких кабелей с соединительными или концевыми муфтами. Кабель состоит из трех основных элементов: токопроводящей жилы, изоляции и герметичных оболочек с защитными покровами.

Изоляции жил кабелей изготавливаются из бумажных лент, пропитанных маслoканифольным составом, из поливинилхлоридного пластика, полиэтилена, сшитого полиэтилена, резины.

Силовые кабели с пластмассовой изоляцией предназначены для передачи и распределения электроэнергии в стационарных кабельных ЛЭП на номинальном переменном напряжении 0,66; 1; 3; 6; 10 и 110 кВ. Кабели выпускаются с алюминиевыми и медными жилами, с пластмассовой изоляцией жил, в пластмассовой оболочке, с защитными волокнистыми покровами, броней, в стальной гофрированной оболочке, а также без защитных покровов и без брони.

В данную группу входят кабели с алюминиевыми или медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке (самозатухающий полиэтилен, вулканизирующийся полиэтилен, поливинилхлоридный пластикат), с защитными покровами или без них, предназначенные для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 0,66–6 кВ частотой 50 Гц. Кабели данной группы объединены схожестью конструктивного выполнения, имеют одну или несколько жил в общей оболочке.

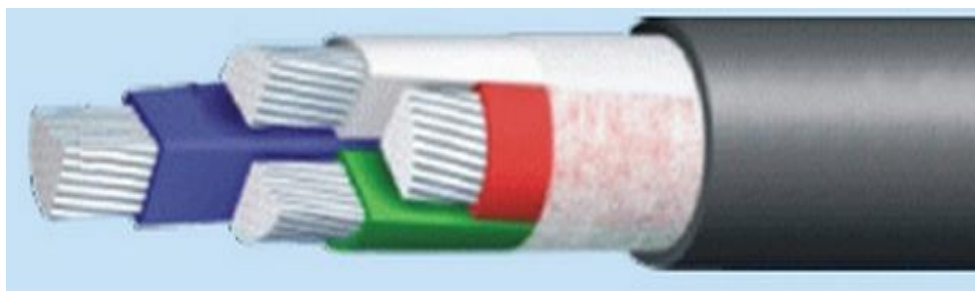


Рисунок 5.1 - Кабель с пластмассовой изоляцией

Кабели с пластмассовой изоляцией изготавливают для сетей на номинальные переменные напряжения: 0,66; 1; 3; 6 кВ частоты 50 Гц с алюминиевыми или медными жилами, с изоляцией из самозатухающего полиэтилена, вулканизирующегося полиэтилена и ПВХ пластиката, в ПВХ, ПЭ оболочках. При значительных механических и других воздействиях на кабели накладывают защитные покровы. Небронированные кабели могут использоваться в местах, подверженных вибрации. При прокладке кабелей в сетях постоянного напряжения, оно не должно превышать номинальное в 2,5 раза. Силовые кабели с пластмассовой изоляцией составляют группы: кабели общего (широкого) назначения, кабели специального назначения. Кабели изготавливаются для эксплуатации в районах с умеренным, холодным и тропическим климатом. Кабели предназначены для эксплуатации на суше, реках и озерах на высотах до 4300 м над уровнем моря, предназначены для вертикальных, наклонных и горизонтальных трасс. Кабели не распространяют горение при одиночной прокладке (нормы МЭК 60332–1).

Наибольшее применение получили кабели низкого напряжения общего назначения следующих марок: АПВГ, АВВГ, ВВГ, АВВГз, ВВГз, АВБбШв, ВБбШв. Кабели марок АВВГ-С, АПВГ-С и АПсВГ используются в сельской местности для передачи и распределения электроэнергии на напряжении 0,66 кВ переменного тока и 1 кВ постоянного тока. Силовые кабели марок АсВВ и АсВтВ предназначены для передачи больших значений тока при номинальном напряжении 1 кВ и температуре окружающей среды от -50 до +50 °С. Силовые кабели АВБВ и ВБВ предназначены для открытой прокладки на кабельных трассах с неограниченной разностью уровней в электрических

сетях переменного напряжения 0,66 кВ и 1кВ постоянного напряжения во взрывоопасных помещениях, установках и помещениях с химически активными средами.

Силовые кабели с резиновой изоляцией предназначены для передачи распределения электроэнергии на переменном и постоянном напряжении. Их прокладывают внутри помещений, в каналах, туннелях. Гибкие силовые кабели с резиновой изоляцией применяются для электропитания подвижных электроприемников различных механизмов: строительных машин, сварочных установок, машин и механизмов в горнорудной промышленности, например, электрических экскаваторах, шахтном электрооборудовании и др. Это такие марки как КШВГ, КШВГТ, ГРШЭ, КРПТ, КРПГ и т.д. Специализированные гибкие кабели (ВР-25-2, РПШ, КВОРН, КРЗ, КГПС) предназначены для питания высоковольтных ради- и рентгеновских установок, это также аэродромные кабели, кабели для установок электросварки, прожекторов и т.п.

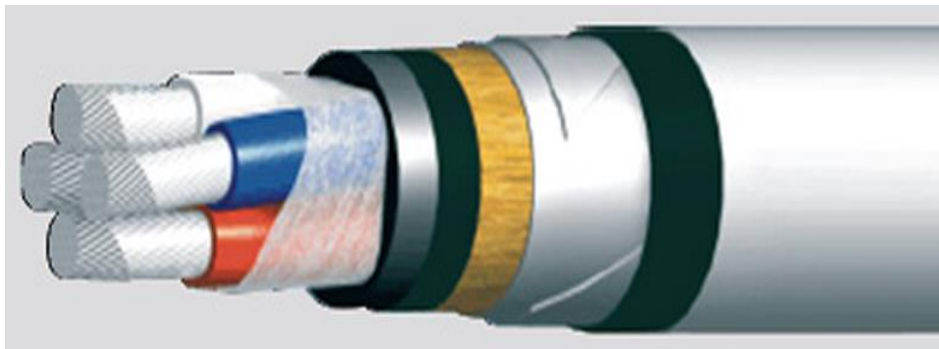


Рисунок 5.2 - Кабель с резиновой изоляцией

Контрольные кабели используются для передачи низковольтных маломощных сигналов управления в различных электротехнических устройствах. Изоляция контрольных кабелей (К) изготавливается из резины (обозначение в марке — Р), поливинилхлоридного пластиката (В), полиэтилена (П), фторопласта (Ф), в некоторых случаях — из кабельной пропитанной бумаги. Кабели могут иметь оболочки из резины или пластмассы, свинца, алюминия, Для защиты от внешних электрических полей также могут иметь экран (Э). В зависимости от условий прокладки кабели могут иметь броневые (Б) и защитные покровы. Пример: КРСБ — контрольный кабель с медными жилами, резиновой изоляцией, свинцовой оболочкой, бронированный. АКВВБГ — контрольный кабель с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, бронированный двумя стальными лентами с противокоррозионным покрытием. Обозначения в марке кабелей с ПВХ изоляцией жил — КВВГ, КВВГЭ, КВВБ, КВВБГ; с ПЭ изоляцией жил — КПВГ, КПВБ, КПВБГ, КПВББГ. Если в начале маркировки обозначена буква А — силовой кабель имеет алюминиевые жилы.

Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) должны заменить в первую очередь кабели с поливинилхлоридной (ПВХ) изоляцией, а также кабели с пропитанной бумажной изоляцией (БПИ).

Своими уникальными свойствами кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена обязаны изоляционному материалу. Способ вулканизации, применяемый при его изготовлении, позволяет получить достаточную степень сшивки по всей толщине изоляции и обеспечить отсутствие воздушных включений. Помимо хороших диэлектрических свойств, изоляция из сшитого полиэтилена обладает большим, чем у других материалов, диапазоном рабочих температур и отличными механическими характеристиками.

Однако основное преимущество кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена перед кабелем с бумажно-пропитанной изоляцией — его низкая повреждаемость. По информации из зарубежных источников, процент электрических пробоев кабеля с изоляцией из СПЭ на 2–3 порядка ниже.

В основном, кабели с изоляцией из СПЭ выпускаются в одножильном исполнении, а применение различных типов оболочек и возможность герметизации позволяет использовать кабель как для прокладки в земле, так и для кабельных сооружений, в том числе и при групповой прокладке.

Токопроводящие жилы должны быть изолированы вулканизированным (сшитым) полиэтиленом. Изоляция одножильных кабелей должна быть черного цвета. Изолированные жилы многожильных кабелей должны иметь отличительную расцветку. Рекомендуемые цвета изоляции жил:

- двухжильные – красный, синий;
- трехжильные – желтый, зеленый, красный;
- четырехжильные – желтый, зеленый, красный, синий;
- пять и более жил – белого цвета с черными цифрами.

По согласованию с потребителем допускаются другие расцветки жил.

Изоляция жил заземления должна быть двухцветной (зелено-желтой расцветки), при этом один из цветов должен покрывать не менее 30 % и не более 70 % поверхности изоляции, а другой – остальную часть.

Цветовая маркировка должна быть сплошной или в виде продольной полосы шириной не менее 1 мм.

Изолированные жилы кабелей должны быть скручены и иметь заполнение между жилами для придания круглой формы. Заполнение должно быть из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести. Допускается наличие под заполнением полиэтилентерефталатной пленки, наложенной продольно. Заполнение не должно свариваться с изоляцией жил. Кабели с секторными жилами с поясной изоляцией из выпрессованного поливинилхлоридного пластика могут быть изготовлены без заполнения. При этом под поясной изоляцией должна быть наложена обмоткой или продольно полиэтилентерефталатная пленка.

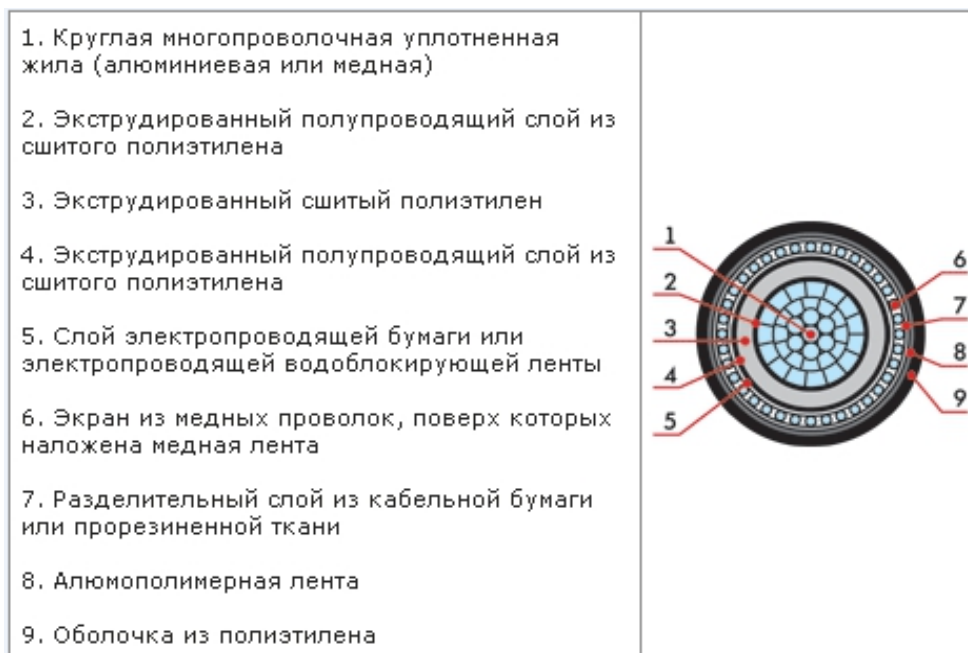


Рисунок 5.3 - Кабель из сшитого полиэтилена

Силовые кабели с пропитанной бумажной изоляцией предназначены для передачи и распределения электроэнергии в стационарных электрических сетях на переменные напряжения 1, 3, 6 и 10 кВ, а также в сетях постоянного тока. Их изготавливают с алюминиевой или свинцовой оболочкой, выпрессованными на гидравлических или червячных прессах. В зависимости от марки поверх изоляции жилы накладывают металлическую, как правило, алюминиевую или свинцовую, влагозащитную оболочку с целью получения равномерно распределенного радиального электрического поля. К этому типу относится АСБ – кабель с алюминиевыми жилами (СБ – медные жилы), бронированный стальными лентами с наружным защитным покровом. Его область применения – прокладка в земле и по стенам (вне зданий) при необходимости защиты кабеля от механических повреждений в сетях до 10 кВ. СГ, ЦАСБ, ЦСБ и другие.

Важное достоинство кабеля с бумажной пропитанной изоляцией, рассчитанного на низкое и среднее напряжение – стабильные электрические характеристики. Однако недостатками являются трудоемкий процесс изготовления, дорогостоящая и, к тому же, тяжелая металлическая оболочка данного типа силового кабеля.

5.2 Расчет потерь электроэнергии в кабелях

Определяют потери электроэнергии в кабельной линии 6 кВ, длиной 4 км, медный и алюминиевый кабели. Потребление электроэнергии по линии:

$$P_{ТП,2} = 2668,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{ТП,2} = 1264,2 \text{ кВар}$$

Количество часов работы линии при двухсменном режиме завода, что потребляет электроэнергию по линии $T_{\text{вкл}} = 4000$ ч.

а) активное сопротивление линии

$$R_{\text{э}} = r_0 \cdot L, \text{ Ом} \quad (5.1)$$

где r_0 – активное сопротивление (для меди $r_0=0,153$ Ом/км, для алюминий $r_0=0,258$ Ом/км)

$$R_{\text{э}} = 0,153 \cdot 4 = 0,612, \text{ Ом}$$

$$R_{\text{э}} = 0,258 \cdot 4 = 1,032, \text{ Ом}$$

б) потери электроэнергии в кабельной линии:

$$\Delta W = \frac{WP^2 + WQ^2}{U_n^2 \cdot T_{\text{вкл}}} \cdot R_{\text{э}}, \text{ Вт} \cdot \text{ч} \quad (5.2)$$

$$\Delta W = \frac{2668,9^2 + 1264,2^2}{6^2 \cdot 4000} \cdot 0,612 = 37,065, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\Delta W = \frac{2668,9^2 + 1264,2^2}{6^2 \cdot 4000} \cdot 1,032 = 62,5, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Таким образом, из расчетов следует, что:

- медь имеет лучшую проводимость;
- прочность меди на излом в несколько раз выше (специальные тесты на излом показывает, что медь выдерживает 40 изгибов, в то время как алюминий всего 8);
- алюминий имеет меньшую коррозионную стойкость;
- алюминий имеет низкий предел текучести (со временем винтовые и болтовые соединения ослабевают, контакт ухудшается, начинает греться и искрить, что может привести к пожару).

Но, не смотря на все перечисленные выше недостатки, алюминиевая проводка обладает одним большим преимуществом – она значительно дешевле медной. А также алюминий намного легче меди.

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда в волочильном цехе

Труд человека, в частности, в автоматизированном и механизированном производстве представляет собой процесс взаимодействия человека и машины. Поэтому можно рассматривать систему «человек - машина».

В современном автоматизированном производстве, и в частности в производстве и распределении энергии, особенно велика роль психологии и физиологии человека-оператора, поскольку производственный процесс, как правило, протекает с большой скоростью.

К числу физических опасных и вредных производственных факторов волочильного цеха относятся:

- 1) движущиеся механизмы;
- 2) не защищенные подвижные элементы производственного оборудования;
- 3) пыль металлическая, абразивная (заточные и шлифовальные работы без применения СОЖ, полирование с применением паст на основе окиси хрома);
- 4) пары воды, масла, щелочей (обезжиривания и промывка деталей, применение масляных ванн с подогревом);
- 5) токсические вещества, неприятные запахи;
- 6) ультразвук (производственное оборудование, в котором генерируется ультразвуковые колебания, для выполнения технологического процесса и оборудование, при эксплуатации которого ультразвук возникает, как сопутствующий фактор).

Одна из основных задач анализа условий труда в цехе – организация рабочего места. Рабочее место – это зона приложения труда определенного работника или группы работников (бригады). 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.

Создание здоровых условий труда, оптимального режима труда и отдыха, обеспечивать высокой работоспособностью и длительной трудовой активностью, приспособлять машины и оборудования к человеку на основе эргономики (область знаний о приспособлении техники, станков, машин, различных механизмов к человеку).

Планировка рабочего места избавляет работающих от лишних и утомительных трудовых движений, и обеспечивает удобную рабочую позу. Правильный выбор рабочей позы (с возможностью ее перемены) исключает или сводит к минимуму вредное влияние выполняемой работы на организм человека. Руки рабочего (оператора), находящегося в позе «стоя» или «сидя», совершают движения в пределах определенной максимальной зоны. Чтобы

эти движения были экономными, без излишнего напряжения, для рук рекомендуется определенная рабочая зона, в пределах которой и следует размещать органы управления производственным оборудованием (например, ключами и кнопками управления электрическими аппаратами, переключателями и другие).

Оснащение рабочего места – это система его укомплектования основным и вспомогательным технологическим оборудованием, технологической и организационной оснасткой в количестве, необходимом и достаточном для эффективного и качественного выполнения исполнителем или группой исполнителей установленного производственного задания.

В состав основного технологического оборудования входят машины, станки, разные механизмы и т.д., а вспомогательного – контрольные приборы, испытательные стенды, уборочные агрегаты и другие подсобные средства.

Технологическая оснастка средства необходимого технологического оснащения на рабочем месте, с помощью которого обеспечивается эффективное и качественное выполнение технологических операций.

Даже при совершенной технологии и современном оборудовании не удается полностью исключить попадание в воздух производственного помещения вредных веществ. В этих случаях для защиты людей используется система вентиляции (организованный и регулярный воздухообмен в производственном помещении, обеспечивающий создание благоприятных метеорологических условий и отвечающий требованиям технологического процесса).

Вентиляционные системы обеспечивают необходимые параметры микроклимата, а также заданный состав воздушной среды в производственных помещениях.

С персоналом филиала проводится следующая работа:

- 1) инструктажи;***
- 2) противопожарные тренировки;***
- 3) персоналу проводится обучение по программам пожарно-технического минимума;***
- 4) вопросы пожарной безопасности включаются в планы технической учёбы;***

Таким образом, основными опасными и вредными факторами в штамповочном цехе являются:

- 1) повышенная запыленность и загазованность;
- 2) повышенный уровень шума, источниками которого являются технические средства, устройства кондиционирования воздуха, компрессоры, насосы, преобразователи напряжения и другое оборудование, а так же шум проникающий извне;
- 3) опасность поражения электрическим током и статическое электричество;

4) воздействие таких психофизиологических факторов, как умственное перенапряжение, перенапряжение зрительных и слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.

6.2 Разработка мер защиты в волочильном цехе

Создаваемые технологическим оборудованием шумы могут возникать при различных процессах: механических (соударения, вибрации, трение), аэродинамических (нестационарные процессы в газах, при истечении сжатого воздуха или газа, при горении жидкого или распыленного топлива в форсунках), гидродинамических (истечение жидкости) и электромагнитных (переменные магнитные поля в электрооборудовании).

Одним из методов уменьшения шума на объектах энергетического производства является снижение или ослабление шума в его источниках.

Строительные нормы и правила предусматривают защиту от шума строительно-акустическими методами. При этом для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры:

1) звукоизоляция ограждающих конструкций; уплотнение по периметру притворов окон, ворот, дверей; звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций инженерными коммуникациями; кожухи;

2) звукопоглощающие конструкции и экраны;

3) глушители шума, звукопоглощающие облицовки в газо-воздушных трактах вентиляционных систем с механическим побуждением и систем кондиционирования воздуха, а также газодинамических установок.

В волочильном цехе работают несколько источников шума (обрабатывающие станки), имеющие одинаковый уровень звуковой мощности. Источники расположены на полу ($\Phi=1$). Источники шума находятся на расстоянии r от расчетной точки, которая расположена на высоте 1,5 м от пола.

Таблица 6.1- Исходные данные

Вид оборудования	Обрабатывающий станок
Количество источников	3
Расстояние от ИШ до РТ, м	$r_1=5; r_2=7; r_3= 6,5$
Объем помещения, м ³	36000
Отношение $V/S_{огр}$	1,5
l_{max}	1,5
Параметры кабины наблюдения	15×10×5
Площадь глухой стены, S_1	75
Площадь глухой стены, S_2	150
Площадь двери, S_3	6
Площадь окна, S_4	5

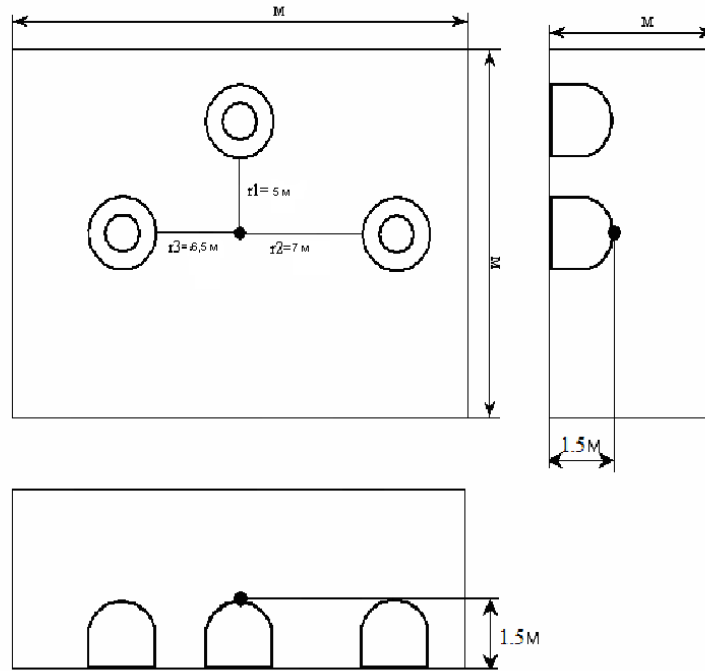


Рисунок 6.1 - Схема расположения расчетной точки и источников шума в штамповочном цехе

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:

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

где $\Delta_i = 10^{0,1L_{pi}}$;

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 $r_i < 5 r_{i \min}$);

n – общее количество источников шума в помещении;

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

Общее количество источников шума, принимаемых в расчет и расположенных вблизи расчетной точки, когда, $r_i < 5 r_{i \min} = 25$, будет равно 3 ($m=3$), т. е. учитываются все данные источники, расположенные на расстояниях r_1 , r_2 и r_3 ;

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 $r_i/l_{max} = 5/1,5 = 3,3 \Rightarrow$ принимаем $\chi = 1$.

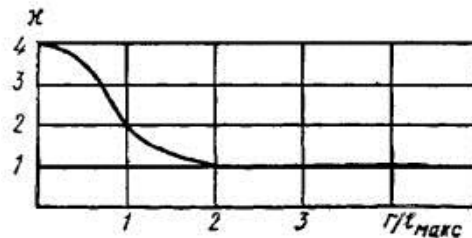


Рисунок 6.2 - График для определения коэффициента χ в зависимости от отношения r

Φ – фактор направленности источника шума, $\Phi = 1$;

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 6.3. По графику определим, что при $B/S_{огр} = 1.5$; $\Psi = 0,4$

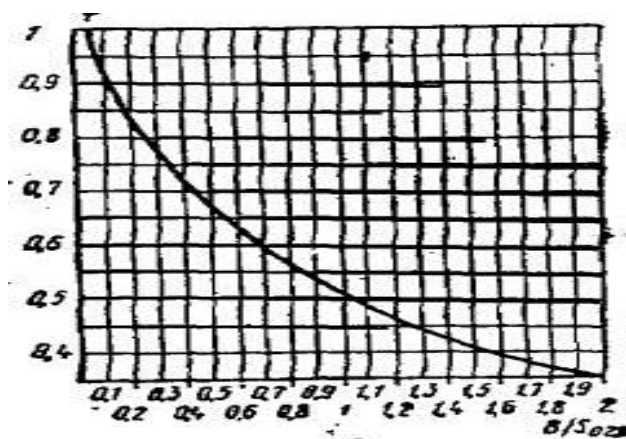


Рисунок 6.3 - Графики для определения коэффициента Ψ в зависимости от отношения

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (6.2)$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц;

μ – частотный множитель, определяемый по таблице 6.2.

V – постоянная помещения.

Выбрав тип помещения, определяем постоянную помещения V_{1000} ; Выбираем тип помещения I – с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, машинные залы, генераторные, испытательные стенды).

$$V_{1000} = \frac{V}{20} = \frac{36000}{20} = 1800.$$

Приведем значения частотного множителя μ в таблице 6.2 для объема помещения $V=36000 \text{ м}^3$.

Таблица 6.2 - Значения частотного множителя

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
μ	0.5	0.5	0.55	0.7	1	1.6	3	6

Определяем требуемое снижение шума ΔL_{TP} , приняв нормативные уровни звукового давления в расчетной точке:

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

$$\Delta L_{TP} = L_{общ} - L_{доп}, \text{ дБ}, \quad (6.3)$$

где $L_{общ}$ – 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 обрабатывающим станком

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	3	25	50	00	000	000	000	000
L_p	0	9	2	3	6	0	0	5

Таблица 6.4 - Допустимые уровни звукового давления.

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	3	25	50	00	000	000	000	000
$L_{доп}$	9	2	6	3	0	8	6	4

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

Таблица 6.5 - Расчет шума

	Величина	Ед.изм.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	L_{pi}	дБ	70	69	72	73	76	80	80	75
	$\Delta 1=10^{(0,1*L_{pi})}$	-	1,00	7,94	1,58	2,00	3,98	1,00	1,00	3,16
	$S1=2*\pi*r1^2$	м ²	157,08	157,08	157,08	157,08	157,08	157,08	157,08	157,08
	$S2=2*\pi*r2^2$	м ²	307,72	307,72	307,72	307,72	307,72	307,72	307,72	307,72
	$S3=2*\pi*r3^2$	м ²	265,33	265,33	265,33	265,33	265,33	265,33	265,33	265,33
	$\Delta 1/S1$		6,37	5,06	1,01	1,27	2,53	6,37E	6,37	2,01
	$\Delta 1/S2$		3,25	2,58	5,15	6,48	1,29	3,25	3,25	1,03
	$\Delta 1/S3$		3,77E	2,99	5,97	7,52	1,50	3,77	3,77	1,19
	сумма 6,7,8		1,98	1,57	3,13	3,94	7,86	1,98	1,98	6,25
0	$B1000(V=36000м^3)$	-	125	125	125	125	125	125	125	125
1	м	-	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
2	$B_i=B1000*м$	-	62,5	62,5	68,75	87,5	125	200	375	750
3	$3*\psi/B_i$		0,064	0,064	0,058	0,046	0,032	0,021	0,011	0,005
4	сумма Δi (от 1 до 3)= $3*\Delta i$		3,00	2,38	4,75	5,99	1,19	3,00	3,00	9,49
5	произв. 13 и 14		1,92	1,53	2,77	2,74	3,82	6,00	3,20	5,06
6	сумма 9 и 15		2,12	1,68	3,08	3,13	4,61	7,98	5,18	1,13
	$Л_{ож}=10lg(16)$	дБ	6,33	6,23	6,49	6,50	6,66	6,90	6,71	6,05

7										
8	Лдоп	дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
9	$\Delta L_{\text{треб}} = L_{\text{ож}} - L_{\text{доп}}$	дБ	-3,57	-2,97	-2,11	-1,80	-1,34	-8,98	-8,86	-1,35

Далее проводится расчет шума для частоты 125 Гц, $Lp_1 = 69$ дБ.
По формуле:

$$\Delta_i = 10^{0,1Lp_i}. \quad (6.4)$$

Рассчитываю все частоты, то есть:

$$\Delta_1 = 10^{0,1 \cdot 69} = 10^{6,9} = 7,94 \times 10^6$$

После этого считаю площадь по формуле:

$$S_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_i^2; \quad (6.5)$$

$$S_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 157 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 10,7^2 = 307,72 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 6,5^2 = 265,33 \text{ (м}^2\text{)}.$$

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

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i} = \frac{10^{6,9}}{157} + \frac{10^{6,9}}{307,72} + \frac{10^{6,9}}{265,33} = 1,57 \cdot 10^5.$$

Далее произведем расчет по формуле:

$$B_{125} = B_{1000} \cdot \mu_{125}. \quad (6.6)$$

Значение коэффициента μ - найдем из таблицы 6.2, где для $V=36000$ и для частоты 125 Гц $\mu = 0,5$.

Тогда значение:

$$B_{125} = 125 \cdot 0,5 = 62,5.$$

Далее считаем следующее:

$$\frac{4\Psi}{B_{125}} \cdot \sum_{i=1}^6 \Delta_i = \frac{4 \cdot 0,41}{62,5} \cdot 3 \cdot 10^{6,9} = 0,625 \cdot 10^6.$$

Затем просуммируем значения:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^3 \Delta_i = 0,157 \cdot 10^6 + 0,625 \cdot 10^6 = 0,782 \cdot 10^6.$$

Теперь можно найти :

$$L_{ож} = 10Lg(0,782 \cdot 10^6) \approx 58,9 \text{ дБ.}$$

После этого по таблице 4 выбираем для частоты 125 Гц значение $L_{дон} = 92 \text{ дБ}$.

Окончательным расчетом является определение значения:

$$\Delta L_{mp} = L_{ож} - L_{дон} = 58,9 - 92 \approx -33,1 \text{ дБ.}$$

Далее произведем мероприятия для снижения шума в волоочильном цехе, а именно необходимо запроектировать стену (с окном и дверью) и перекрытием кабины наблюдения зала вибростендов, имеющего размеры 15x10x5 м. Площадь глухой стены S_1 и перекрытия кабины наблюдения S_2 , граничащих с залом вибростендов соответственно равны 75 и 150 м², площадь двери $S_3=6$ м², окна $S_4=5$ м². Суммарный уровень звуковой мощности $L_{рсум}$, излучаемой всеми вибростендами, приведен в таблице 6.6

Таблица 6.6 - Суммарный уровень звуковой мощности, излучаемой всеми вибростендами

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	3	25	50	00	000	000	000	000
$L_{ш}$	3,3	2,3	4,9	5	6,6	9	7,1	0,5

Требуемую звукоизолирующую способность каждого элемента наблюдательной кабины рассчитаем по формуле :

$$R_{mp} = L_{ш} - 10lg B_{ш} + 10lg S_i - L_{дон} + 10lg n, \quad (6.7)$$

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

$B_{ш}$ – постоянная защищаемого от шума помещения, м²,

$$B_{ш} = B_{ш1000} \cdot \mu.$$

Для наблюдательной кабины с объемом $V=15 \times 10 \times 5$.

$$V_{u1000} = V/10 = 750/10 = 75 \text{ м}^2$$

Используя таблицу 6.2 частотного множителя, найдем значение V_u . Все расчеты приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 - Результаты акустического расчета

	Величина	Ед. изм-ния	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			3	25	50	00	000	000	000	
	$V_{u1000}(V=750\text{м}^3)$	² М	5	5	5	5	5	5	5	5
	μ		,5	,5	,55	,7		,6		
	$V_u = V_{u1000} * \mu$		7,5	7,5	1,25	2,5	5	20	25	50
	$L_{ш}$	Б Д	3,3	2,3	4,9	5	6,6	9	7,1	0,5
	$L_{доп}$	Б Д	9	2	6	3	0	8	6	4
	$10\lg(n) (n=3)$,77	,77	,77	,77	,77	,77	,77	,48
	$10\lg(B_u)$		5,74	5,74	6,15	7,20	8,75	0,79	3,52	6,53
	$10\lg(S_1) (S_1=75 \text{ м}^2)$		8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
	$10\lg(S_2) (S_2=150 \text{ м}^2)$		1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
0	$10\lg(S_3) (S_3=6 \text{ м}^2)$,78	,78	,78	,78	,78	,78	,78	,78
1	$10\lg(S_4) (S_4=5 \text{ м}^2)$,99	,99	,99	,99	,99	,99	,99	,99
2	$R_{гп1}$,78	,85	1,71	1,02	1,77	1,01	9,97	1,54
3	$R_{гп2}$,79	,86	4,72	4,03	4,78	4,02	2,98	4,55
4	$R_{гп3}$		9,19	5,94	,92	0,23	0,98	0,22	9,18	0,75
5	$R_{гп4}$		9,98	6,91	0,05	9,26	0,01	9,25	8,21	9,78

В ходе акустического расчёта были рассчитаны параметры кабины наблюдения в качестве меры защиты персонала от действия шума.

Для уменьшения прохождения шума в изолируемое помещение могут также быть использованы следующие строительно-акустические мероприятия:

а) применение необходимых материалов и конструкций при проектировании перекрытий стен, перегородок, дверей, окон, кабин наблюдений, щитов управления и т.д.

б) применение плавающего пола для виброизоляции турбоагрегатов;

в) применение звукоизолирующих и вибродемпфирующих покрытий на поверхности трубопроводов;

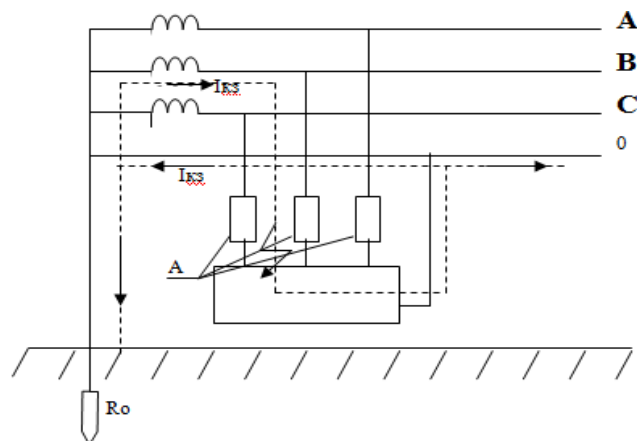
г) правильная планировка и застройка селитебной территории.

6.3 Расчет зануления электрооборудования волоочильного стана

Основной мерой защиты от поражения электрическим током в сетях напряжением до 1000 В является зануление, для того чтобы обеспечить безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. Цель зануления – быстро отключить электроустановку от сети при замыкании одной (или двух) фазы на корпус.

В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью с целью обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток короткого замыкания превышающий не менее чем в три раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя, а для автоматического выключателя с номинальным током более 100А – не менее 1,25.

Расчет зануления



A- аппарат защиты (предохранитель или автоматический выключатель);

R₀- заземление нейтрали

Рисунок 6.4 - Принципиальная схема сети переменного тока с занулением.

Принципиальная схема зануления приведена на рисунке 6.5. На схеме видно что ток короткого замыкания $I_{кз}$ в фазном проводе зависит от фазного напряжения сети U_{ϕ} и полное сопротивление цепи, складывающегося из полных сопротивлений обмотки трансформатора $Z_{т}/3$, фазного проводника Z_{ϕ} , нулевого защитного проводника $Z_{н}$, внешнего индуктивного сопротивления петли фаза – ноль $X_{п}$, и заземления нейтрали трансформатора R_0 .

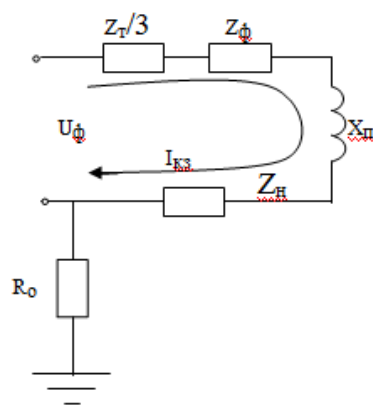


Рисунок 6.5 - Полная расчетная схема соединения зануления

Поскольку R_0 и R_n , как правило, велики по сравнению с другими элементами цепи, параллельная ветвь, образованная ими создает незначительное увеличение тока короткого замыкания, что позволяет пренебречь им. В то же время такое допущение ужесточает требования к занулению и значительно упрощает расчетную схему, представленную на рисунке 6.5.

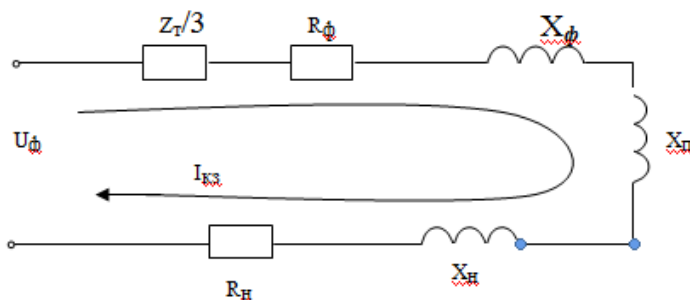


Рисунок 6.6 - Упрощенная схема зануления

В этом случае выражение короткого замыкания $I_{кз}$ (А) в комплексной форме будет:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_m / 3 + Z_{\phi} + Z_n + jX_n), \quad (6.8)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В;

Z_m – комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора), Ом;

$Z_{\phi} = R_{\phi} + jX_{\phi}$ – комплекс полного сопротивления фазного провода, Ом;

$Z_n = R_n + jX_n$ – комплекс полного сопротивления нулевого защитного проводника, Ом;

R_{ϕ} и R_n – активное сопротивление фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

X_{ϕ} и X_n – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

X_n – внешнее индуктивное сопротивление контура (петли) фазный проводник – нулевой защитный проводник (петля – фаза – нуль), Ом;

$Z_n = Z_\phi + Z_n + jX_n$ – комплекс полного сопротивления петли фаза–нуль, Ом.

С учетом последнего:

$$I_{кз} = U_\phi / (Z_m / 3 + Z_n). \quad (6.9)$$

При расчете зануления принято применять допущения, при котором для вычисления действительного значения (модуля) тока короткого замыкания $I_{кз}$ модули сопротивления обмоток трансформатора и петли фаза – нуль $Z_m / 3$ и Z_n складываются арифметически. Это допущение также ужесточает требования безопасности и поэтому считается допустимым, хотя и вносит некоторую неточность (5%).

Полное сопротивление петли фаза – нуль в действительной форме определяется из выражения:

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_n)^2}, \text{ Ом.} \quad (6.10)$$

Формула для проверочного расчета определяется из и с учетом коэффициента кратности K тока короткого замыкания определяемого требованиями к занулению:

$$K \cdot I_n \leq U_\phi / (Z_m / 3 + \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_n)^2}). \quad (6.11)$$

Значение коэффициента K принимается равным $K \geq 3$ в случае если электроустановка защищается предохранителями и автоматическими выключателями имеющими обратозависимую характеристику от тока. В случае если электроустановка защищается автоматическим выключателем имеющим только электромагнитный расцепитель (отсечку), то для автоматов с I_n до 100 А, $K = 1,4$, а для автоматов с $I_n > 100$ А, $K = 1,25$.

Значение полного сопротивления масляного трансформатора во многом определяется его мощностью, напряжением первичной обмотки, конструкцией трансформатора.

Расчет зануления помещения

Исходные данные:

напряжение сети – 0,38 кВ;

мощность трансформатора – 1600 кВА;

мощность наиболее удаленного электроприемника (станок) $P=15$ кВт;

длина кабеля от ТП до ШРА-1, $L_1=60$ м;

длина провода от ШРА-1 до станка, $L_2=30$ м.

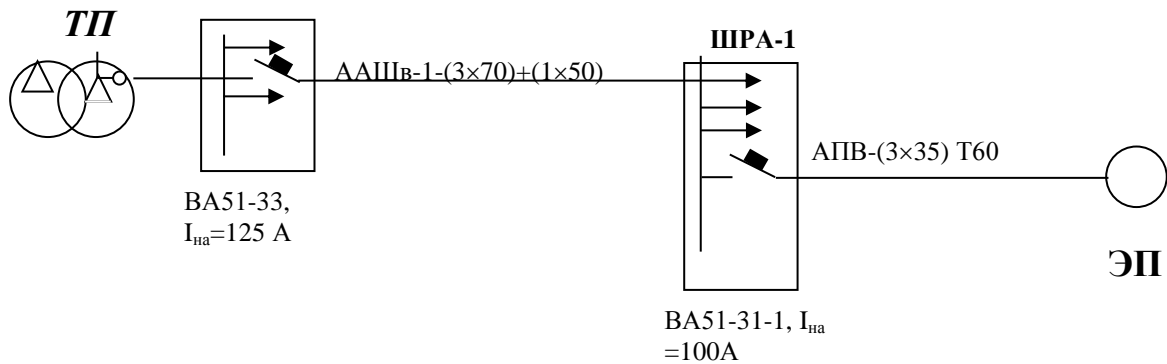


Рисунок 6.7 - Схема замещения

Кабель АПВ-1 Проложен в металлической трубе диаметром 60мм.
 Определим токи нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I_{\text{дв}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 28,52 \text{ A};$$

$$I_{\text{прв}} = \frac{K_n \cdot I_{\text{дв}}}{K_m} = \frac{28,52 \cdot 5}{2} = 71,3 \text{ A};$$

$$I_{\text{нпв}} = 80 \text{ A};$$

$$I_{\text{на}} = 100 \text{ A}.$$

Определим полные сопротивления элементов цепи:

а) сопротивление трансформатора для группы соединения Δ/Y_0 – 11
 $Z_m = 0,017 \text{ Ом}.$

б) сопротивление кабеля, при сечении фазной жилы 70 мм^2 и нулевой 60 мм^2 $Z_{n\phi 0} = 0,443 \text{ Ом/км}.$

$$Z_n = Z_{n\phi 0} \cdot L_1 = 0,443 \cdot 0,06 = 0,027 \text{ Ом};$$

в) сопротивление провода при сечении фазной жилы 35 мм^2 и нулевой 30 мм^2 $Z_{n\phi 0} = 0,868 \text{ Ом/км}$

$$Z_n = Z_{n\phi 0} \cdot L_2 = 0,868 \cdot 0,03 = 0,026 \text{ Ом};$$

Определим токи КЗ :

$$I_{\text{к1}} = \frac{U_\phi}{Z_m / 3 + Z_n} = \frac{220}{0,017 / 3 + 0,027} = 6,947 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к2}} = \frac{220}{0,017 / 3 + 0,027 + 0,026} = 3,815 \text{ кА}.$$

Определим кратность тока:

$$\frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{нпр}}} = \frac{6947}{100} = 69,47 \text{ A};$$

$$\frac{I_{кз}}{I_{нпв}} = \frac{3815}{80} = 47,69 \text{ А.}$$

Условие $I_{кз} \geq I_n \cdot K$, где $K_a=1,25$; $K_{нв}=3$, то $6947 \text{ А} > 100 \cdot 3 = 300 \text{ А}$ и $3815 \text{ А} > 3 \cdot 80 = 240 \text{ А}$.

Определение времени срабатывания аппарата защиты: плавкой вставки определяется по защитной характеристике плавкой вставки, а для автомата принимается из справочника. Время отключения автоматического выключателя – 0,2 секунды.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$$U_{к1} = I_{кз} \cdot Z_{н1} = 6,947 \cdot 0,02 = 0,14 \text{ В};$$

$$R_{н1} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,028 \cdot 60}{70} = 0,02 \text{ Ом},$$

где ρ - удельное сопротивление алюминиевой жилы принимается равной $0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

S – сечение жилы, мм^2 ;

L – длина проводника, м.

$$U_{к2} = I_{кз} \cdot Z_{н2} = 3,815 \cdot 0,02 = 0,08 \text{ В};$$

$$R_{н2} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,028 \cdot 30}{35} = 0,02 \text{ Ом}.$$

Ток, проходящий через тело человека, равен:

$$I_{h1} = \frac{U_{к1}}{R_h} = \frac{0,14}{1000} = 0,14 \text{ мА};$$

$$I_{h2} = \frac{U_{к2}}{R_h} = \frac{0,08}{1000} = 0,08 \text{ мА}.$$

Согласно ПУЭ такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия 0,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя не превышает допустимых величин.

7 Экономическая часть

Целью технико-экономического обоснования является обеспечение строительства подстанции 35/6 кВ и прилегающих к ней сетей 35 и 6 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергетики кабельного завода данного района со стороны 35 и 6 кВ.

Описание строящейся подстанции.

Питание завода электрической энергией осуществляется от подстанции системы расположенной на расстоянии 4 км от завода. Площадь земельного участка составляет 19492 кв.м. Для завода рассматривается работа в три смены, для надежного питания электрической энергией в период проведения ремонтно-восстановительных работ, поддержания высокого уровня качества выпускаемой продукции. Проектируемую подстанцию и прилегающие к ней сети предполагается разместить вне населенных пунктов в равнинной местности. Сооружение ЛЭП 35 и 6 кВ предполагается с использованием железобетонных опор.

Для строительства подстанции, передачи электроэнергии по тарифу, который ниже действующего, создается ТОО «ААК», чтобы создать конкуренцию на розничном рынке по передаче электроэнергии.

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

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

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

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы $T=13,45$ тенге за 1 кВт ч.

7.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции

7.1.1 Определение капитальных вложений в строительство подстанции

В соответствии со строительными нормами срок строительства подстанции, установленной мощности 2x16 МВА, и прилегающих сетей 35 принят равным одному году.

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

На рисунке 7.1 представлена Организационная структура управления ТОО «ААК»

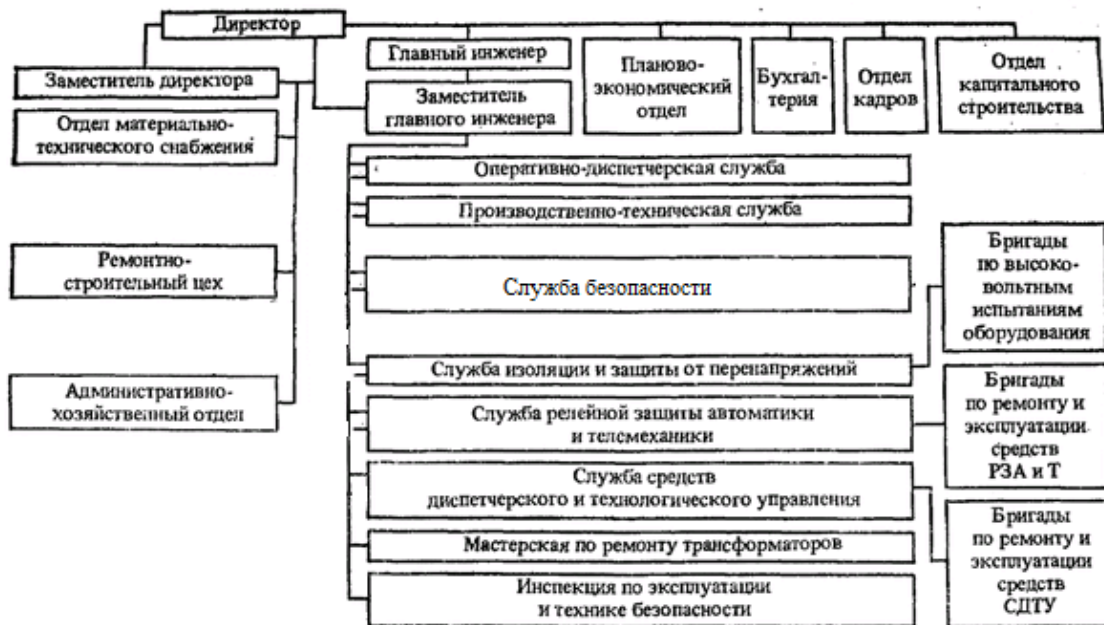


Рисунок 7.1 Организационная структура управления ТОО «ААК»

ТОО «ААК» занимается разработкой и продажей электроэнергии. Особо сложные ремонтные работы выполняются с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций.

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

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

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

Определение капитальных вложений в строительство подстанции.

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

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

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования:

$$I_{01} = K_{\text{ЛЭП}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{смп}}, \text{ млн.тенге,} \quad (7.1)$$

где $K_{\text{ЛЭП}}$ – затраты на ЛЭП-35;

$K_{\text{обор}}$ – затраты на оборудование;

$K_{\text{смп}}$ – затраты на строительно-монтажные работы.

Из технико-экономического расчета проведенного в основной части дипломного проекта следует, что для оборудования и ЛЭП необходимы инвестиции в размере 625 млн.тенге.

Затраты на строительно-монтажные и прочее работы:

$$K_{\text{смп}} = 0,27 \cdot \frac{K_{\text{обор}}}{0,73} = 0,27 \cdot \frac{625}{0,73} = 231,16 \text{ млн.тенге.}$$

В итоге полные суммарные инвестиции будут равны:

$$I_o = K_{\text{ЛЭП}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{смп}} = 625 + 231,16 = 856 \text{ млн.тенге.}$$

Годовое потребление электроэнергии составляет:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = n \cdot K_3 \cdot S_{\text{ном.тр}} \cdot \cos \varphi \cdot T_{\text{max}} = 2 \cdot 0,72 \cdot 16000 \cdot 0,8 \cdot 5000 = 92,16 \text{ млн/кВт} \cdot \text{ч,}$$

где n – количество трансформаторов;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности, принимается равным 0,8;

$S_{\text{ном.тр}}$ – номинальная мощность одного трансформатора.

T_{max} – число часов использования максимума.

7.2 Определение ежегодных издержек производства

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

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

7.3 Расчет себестоимости и оказания услуг по передаче электроэнергии на ЛЭП 35 кВ через ГПП

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

В эксплуатационных расходах, рассмотренных в предыдущей главе, не были учтены остальные составляющие. В связи с этим, производим перерасчет эксплуатационных расходов.

Таблица 7.2 - Спецификация затрат ТОО «ААК» г. Алматы

№	Статьи расходов	Структура, %
I	Затраты на производство товаров и предоставление услуг, всего	73
1	Материальные затраты, всего в т.ч.:	2,02
1.1	Сырье, материалы	0,47
1.2	ГСМ	1,14
1.3	Электроэнергия на хоз. нужды	0,41
2	Затраты на оплату труда с отчислениями	17,54
3	Амортизация	9,1
4	Ремонт	8,66
5	Услуги сторонних организаций производственного характера	2,77
6	Прочие затраты	0,06
7	Стоимость потерь	34,01
II	Расходы периода, всего	4,29
8	Общие административные расходы	4,29
III	Всего зарплат	78,5
IV	Прибыль	21,18

Себестоимость оказания услуг по передаче 1 кВт·ч энергии через подстанцию

$$S_{\text{ПЕРЕД}} = \frac{\sum I_{\text{передача}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{59,4}{92,16} = 0,64 \text{ тенге/кВт}\cdot\text{ч.}$$

7.4 Расчет срока окупаемости сооружаемой ПС и ЛЭП

Полная себестоимость передачи электроэнергии по сетям энергосистемы складывается из стоимости энергии энергопроизводящей

организации (5,96 тенге), тарифа на передачу по сетям НЭС (1,5 тенге), тарифа районной электросетевой компании (4,84 тенге) и себестоимости передачи энергии по сетям ТОО «ААК».

ТОО «ААК» может получить прибыль по двум составляющим:

1) услуга за передачу электроэнергии

$$T_{\text{ТОО"ААК"}} = S_{\text{перед}} + 0,1 \cdot S_{\text{перед}}, \quad (7.2)$$

$$T_{\text{ТОО"ААК"}} = 0,64 + 0,1 \cdot 0,64 = 0,7 \text{ ттенге/кВ} \cdot \text{ч}$$

Тариф на электроэнергию ТОО «ААК» для предприятия

$$T_3 = T_{\text{ЭО}} + T_{\text{НЭС}} + T_{\text{РЭК}} + T_{\text{ТОО"КМД"}} = 5,96 + 1,5 + 4,84 + 0,7 = 13 \text{ т тенге/ т} \cdot \text{ч.}$$

2) по виду деятельности (т.е. ТОО выступает в виде гарантированного поставщика электроэнергии предприятию).

Средний тариф на электроэнергию в г. Алматы составляет 13,45 тенге/кВт·ч. Тариф на электроэнергию ТОО «ААК» принимается равным 13 тенге/кВт·ч. Тогда разница составит $13,45 - 13 = 0,45$ тенге/кВт·ч.

$$V_{\text{ТОО «ААК»}} = T_3 \cdot \text{Э}_{\text{год}} = 13 \cdot 92,16 = 1198,08 \text{ млн. тенге.}$$

Из прогнозируемой выручки ТОО «ААК» произведет следующие выплаты

- Выплаты по договору ТОО «ААК» составят:

$$V = 0,1 \cdot 92,16 = 9,216 \text{ млн. тенге.}$$

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$V = 4,84 \cdot 92,16 = 446,05 \text{ млн. тенге.}$$

- Выплаты национальным электрическим сетям составят:

$$V = 1,5 \cdot 92,16 = 138,24 \text{ млн. тенге.}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$V = 5,96 \cdot 92,16 = 479,23 \text{ млн. тенге.}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии

составит:

$$П = 1198,08 - 9,216 - 446,05 - 138,24 - 479,23 = 125,344 \text{ млн. тенге.}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$П_ч = 125,344 \cdot 0,8 = 100,27 \text{ млн. тенге.}$$

Полученная прибыль будет направлена на погашения инвестиционных средств и это составит 60% от чистой прибыли:

$$V_{\text{реал}} = 100,27 \cdot 0,6 = 60,16 \text{ млн. тенге.}$$

Денежный поток определяется по формуле:

$$CF = П_ч + I_{\text{ам}}, \quad (7.3)$$

где $П_ч$ – чистая прибыль;

$I_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления, млн.тенге.

Срок окупаемости сооружаемой по станции и ЛЭП для ТОО «ААК» составит:

$$PP = \frac{I_c}{CF} = \frac{856}{100,27 + 59,4} = \frac{856}{159,67} = 5,4 \text{ года.}$$

7.5 Определение NPV (чистой текущей стоимости)

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

– простые показатели:

- простая норма прибыли - простая норма рентабельности инвестиций; сравнение расчетной величины с минимальным или средним уровнем доходности (процентной ставки по кредитам, облигациям, ценным бумагам, депозитным вкладам) приводит к заключению о целесообразности дальнейшего анализа данного проекта;

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

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

(определяется при наличии заемного капитала).

– интегральные показатели:

- чистый дисконтированный доход; расчет этого показателя производится дисконтированием чистого потока платежей (чистого дохода); критерием финансовой эффективности инвестиций в сооружение объекта является условие: $\Delta_d > 0$, тогда доходность инвестиций превышает величину среднего норматива дисконтирования (или средней стоимости капитала);

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

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

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

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0, \quad (7.4)$$

где CF – ежегодные денежные поступления;

n - годы реализации проекта;

I_0 - полные суммарные инвестиции;

r – процентная ставка.

Расчет ведется до первого положительного значения NPV, т.е. до 9-го года (таблица 7.2). NPV больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия, поскольку

генерируемые им приток дохода превышают норму доходности в настоящий момент времени.

Результаты расчета сведем в таблицу 7.2

Таблица 7.2 - Результаты расчета чистой текущей стоимости

Год	CF, млн тенге	r1=10 %	PV1, млн тенге	NPV1, млн тен	r2=15 %	PV2, млн.тенг е	NPV2, млн.тенг е
0	-856	1,00	-856,00	0,00	1,00	-856,00	0,00
1	159,67	0,91	145,15	-710,85	0,87	138,84	-717,16
2	159,67	0,83	131,96	-578,89	0,76	120,73	-596,42
3	159,67	0,75	119,96	-458,92	0,66	104,99	-491,44
4	159,67	0,68	109,06	-349,87	0,57	91,29	-400,15
5	159,67	0,62	99,14	-250,73	0,50	79,38	-320,76
6	159,67	0,56	90,13	-160,60	0,43	69,03	-251,73
7	159,67	0,51	81,94	-78,66	0,38	60,03	-191,71
8	159,67	0,47	74,49	-4,17	0,33	52,20	-139,51
9	159,67	0,42	67,72	63,54	0,28	45,39	-94,12

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости инвестиций составит около 9 лет.

IRR находится по формуле

$$IRR = r_1 \cdot \frac{(NPV_1^+ \cdot (r_2 - r_1))}{(NPV_1^+ + NPV_2^-)}, \quad (7.5)$$

где IRR (ВНД) - это процентная ставка, при которой чистый дисконтированный доход равен 0;

NPV_1^+ – NPV при расчете капитала (процентной ставки) r_1 ;

NPV_2^- – NPV при расчете капитала (процентной ставки) r_2 ;

r_1 - цена капитала (процентная ставка) при которой ЧПС минимально превышает 0;

r_2 - цена капитала (процентная ставка) при которой ЧПС минимально меньше 0.

$$IRR = 10 \cdot \frac{(63,54 \cdot (15 - 10))}{(63,54 + 94,12)} = 20, \%$$

IRR служит индикатором риска. В нашем случае IRR превышает нашу процентную ставку на 10%.

Заключение

Для кабельного завода который снабжается от энергосистемы по двухцепной воздушной линии электропередачи длиной 4 км напряжением 35 кВ был произведен расчет всех необходимых нагрузок и выбрана двухтрансформаторная подстанция глубокого ввода с трансформаторами мощностью 4000 кВА. Из ходя из расчетов проведенных во втором разделе для завода выбрали 8 цеховых трансформаторов мощностью 1000 кВА и для компенсации реактивной мощности установлены конденсаторные батареи . Для компенсации реактивной мощности на шинах выбрали высоковольтные батареи конденсатора типа 2хУКЛ-10,5-900 УЗ.

В следующем разделе произведен технико-экономический расчет вариантов электроснабжения кабельного завода. Так как отклонение приведенных суммарных затрат между тремя вариантами электроснабжения не превышало 12%, то мы выбрали I вариант с $U=35\text{кВ}$, взамен другим схемам по условию дешевизны и надежности. А так же провели расчет токов короткого замыкания и выбрали защитную и измерительную аппаратуру на напряжение выше 1кВ. Для принятого варианта выбрали высоковольтное оборудование: трансформатор ТМН-4000 кВА, выключатели В4: ЗАР1ДТ-145/ЕК, разъединители DBF-145N, выключатель типа ЗАН5124-2, секционный выключатель ЗАН5124-2, выключателей отходящих линий ЗАН5124-2, трансформатор тока ТОЛ-6/УЗ, трансформатор напряжения НАМИТ-6-УЗ, выключатели нагрузки ВНПу-6/400-10УЗ, кабель ААШв-6-(3x120), шина МГТ 80×6, изоляторы ОНШ-6-2000 УЗ.

Питание цехов осуществляется кабельными линиями, расположенными в земле. Для выбора элементов схемы электроснабжения был проведен расчет токов короткого замыкания в трех точках. На основании этих данных были выбраны аппараты на сторонах 35 кВ, 6 кВ, 0,4 кВ.

В разделе безопасность жизнедеятельности провели анализ условий труда в волочильном цехе, разработка мер защиты от шума и определили зануление электрооборудования волочильного стана.

В экономической части рассчитали финансовые показатели схемы внешнего электроснабжения и окупаемость нашей подстанции, которая составила 9 лет.

В целом выбранная схема электроснабжения соответствует всем требованиям.

Перечень сокращений

Акционерное общество	АО
Автоматическое повторное включение	АН В
Государственное унитарное предприятие	ГУЛ
Воздушная линия	ВЛ-
Высокое напряжение	ВН-
год, город	г
Закрытое распределительное устройство	ЗРУ
Короткое замыкание	КЗ
короткое замыкание	к.з
Капитальный ремонт	КР
Комплектное распределительное устройство	КРУ
Линия электропередачи	ЛЭП
Низкое напряжение	НИ
Отделитель	ОД
Подстанция	ПС
Правила технической эксплуатации	ПТЭ
Правила устройство электроустановок	ПУЭ
Производственное энергическое объединение	ПЭО
Распределительный пункт	РП
Регулирование под напряжением	РПН
Распределительное устройство	РУ
Распределительная электрическая кампания	РЭК
Система	С
Среднее напряжение	СН
Технические испытание	ТИ
Текущий ремонт	ТР
трансформатор тока	ТТ
то есть	т. е.
тысяч	тыс
Фонд оплаты труда	ФОТ
Человек	чел
штук	шт

Список литературы

1. Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.
2. Живаева О.П., Тергеусизова М.А. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2009.
3. Бозжанова Р.Н., Живаева О.П. Сборник заданий. Методические указания к выполнению курсового проекта (часть 1, 2) для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2006.
4. Пешков И.Б., Уваров Е.И. Кабельная промышленность России и стран СНГ. Этапы развития, новые задачи // Кабели и провода. - 2009. - №45.
5. Технический каталог «Alageum electric», Кентауский трансформаторный завод 2012 г.
6. Листратенков А.И. Теоретические основы конструирования силовых кабелей и проводов. - М.: Полиграф сервис, 2006.
7. ГОСТ 16442-01: Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия
8. Т.Е. Хакимжанов. Методические указания к выполнению РГР по «Экологии», для всех форм обучения, 2001.
9. Санатова Т.С. Методические указания к выполнению РГР по «Экологии», для всех форм обучения, 2001.
10. Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. Отраслевой кварталный журнал. С 2005 года.
11. Индексы цен в строительстве. Выпуск 55. — М.: КО-ИНВЕСТ, 2006.
12. Акимова Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И.. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. - М.: Академия, 2008.
13. Коломиец А.П. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации. - М.: КолосС, 2007.
14. Голынина Н.Г., Некрасов М.Л. Силовые кабели. Характеристики. Применение. Испытания // «Кабель-news». -2008. - март №3.
15. Еремкин А.И., Квашнин И.М., Юнкер Ю.Н. Формирование выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2001.
16. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса. - С-Перербург: изд-во Политехника, 2007.
17. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.

18. Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. Отраслевой кварталный журнал. С 2005года.

19. Сайт www.legrand2.ru

20. Сайт <http://referatwork.ru/>

21. Сайт www.forca.ru

22. Сайт www.electromonter.info

Приложение А. Применение вычислительной техники

Книга111.xlsx - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Числовой Число

J25 $f_x = =I25*L25$

№ По плану	Наименование производственного помещения	Размеры помещения, длина(м)x ширина(м)	Площадь помещения, м ²	Удельная осветительная нагрузка q_o , кВт/м ²	Коэффициент спроса, K_c	Установленная мощность освещения $P_{уо}$, кВт	Расчетная мощность осветительной нагрузки		$\cos\phi$	$t_{гф}$	Тип ИС
							$P_{ро}$, кВт	$Q_{ро}$, кВт			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Заводоуправление, столовая	36x24	864	0,02	0,9	17,28	15,55	7,53	0,9	0,48	
2	Цех хлора и каустика	66x30	1980	0,015	0,85	29,70	25,25	12,23	0,9	0,48	
3	Компрессорная:	36x20	720	0,013	0,7	9,36	6,55	0,00	1	0	
	а) 0,4 кВ	36x20	720	0,013	0,7	9,36	6,55	0,00	1	0	
	б) СД 10 кВ										
4	Цех хлорофоса	56x20	1120	0,015	0,85	16,80	14,28	6,92	0,9	0,48	сумма 1-61,63
5	Материальный склад	50x10	500	0,01	0,6	5,00	3,00	0,00	1	0	
6	Насосная:										
	а) 0,4 кВ	34x10	340	0,013	0,7	4,42	3,09	0,00	1	0	
	б) СД 10 кВ										
7	Цех метилхлорида №1	50x10	500	0,015	0,85	7,50	6,38	3,09	0,9	0,48	
8	Цех метилхлорида №2	50x10	500	0,015	0,85	7,50	6,38	3,09	0,9	0,48	
9	Котельная	32x42	1344	0,013	0,7	17,47	12,23	0,00	1	0	Р 25,27
10	Ремонтно-механический цех	14x36	504	0,015	0,85	7,56	6,43	3,11	0,9	0,48	
11	Склад готовой продукции	56x16	896	0,01	0,6	8,96	5,38	0,00	1	0	
12	Цех сульфата аммония №1	56x16	896	0,015	0,85	13,44	11,42	5,53	0,9	0,48	
13	Цех синильной кислоты №1	55x14	770	0,015	0,85	11,55	9,82	4,75	0,9	0,48	
14	Цех сжигания газов	55x14	770	0,015	0,85	11,55	9,82	4,75	0,9	0,48	
15	Цех синильной кислоты №2	60x18	1080	0,015	0,85	16,20	13,77	6,67	0,9	0,48	
16	Цех сульфата аммония №2	60x18	1080	0,015	0,85	16,20	13,77	6,67	0,9	0,48	
17	Территория		30524	0,005	1	152,62	152,62	73,92	0,9	0,48	76,21

эл.нагрузки по цехам Расчет осв. нагрузки Расчет эл нагр по цехам распр. низк нагр. по цех ТП Лист1 уточненный

Готово

Рисунок А1 Расчет осветительной нагрузки

Книга111.xlsx - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вставить Шрифт Выравнивание

Буфер обмена

И22

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1											
2		распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП							Кз	0,8	
3		№ ТП, Sn,тр, Qнбк	№ цехов	Pr0,4, кВт	Qr0,4 квар	Sp0,4 кВА	Кз		Сном.тр	1600	
4		1	2	3	4	5	6				
5		ТП1 (2*1600)	1	255,55	211,57				Nmin=	6,56	
6			2	883,25	807,99						
7			3	162,55	122,42						
8			4	1279,28	1021,120789						
9								Pr общ	8392,12		
10					-1200					1 г	
11		Итого		2583,63	967,1	2758,70064	0,86	Qr общ	6947,84	Prг	
12		ТП2 (2*1600)	5	30,9	14,85			Nгз	7	Qг	
13			6	111,09	91,82			Q1	3139,1	2 г	
14			7	941,38	752,72			Qнбк сум	3808,7	Prг	
15			8	1051,38	840,91			Qнбк	544,1	Qг	
16			10	102,43	73,26					3 г	
17					-1200					Prг	
18		территория		152,62	73,92			спросить какой Кз брать=>			Qг
19		Итого		2389,79	647,47	2475,95	0,77				
20		ТП3 (2*1600)	11	29,376	22,86					суг	
21		ТП4 (1*1600)	12	341,424	296,57					суг	
22			13	1109,8175	974,86						
23			14	333,8175	307,76						
24			15	728,77	637,24						
25			16	563,77	491,72						
26			9	314,73	206,25						
27					-1800						
28		Итого		3421,71	1137,26	3605,75	0,75				
29								Spг1-4=	9075,49217		
30				8305,12	2751,84						

Готово

Расчет осв. нагрузки Расчет эл нагр по цехам **распр. низк нагр. по цех ТП** Лист1 уточнены

4G

Рисунок А2 - Расчет низковольтной нагрузки по цеховым трансформаторам

Excel interface showing the ribbon (Главная, Вставка, Разметка страницы, Формулы, Данные, Рецензирование) and the formula bar (L16, fx).

Уточненный расчет мощности по промышленности предприятия

№	№ ТП, Сет, Цбк, ТП	№ цеха	Кол-во ЭП, в	Ритми-Ритмах	ΣРж	Ки	Средние нагрузки		α	Ктп	Расчетные нагрузки			Кл
							Рсм, кВт	Qсм, квар			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВтА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ТП1 (2*1600)	1	33	1÷45	300			200	204,04						
	2	90	10÷100	2600			780	795,76						
	3	25	1÷35	200			120	122,42						
	4	110	1÷50	2300			1150	1014,20						
Силовая		258	1÷1500	5600	0,4		2250	2136,43	112	1,08	2430	2136,43		
Осветительная											61,63	26,68		
Цбк												-1200		
Итого											2491,63	963,109	2671,29 0,83	
ТП2 (2*1600)	5	12	1÷12	60			18	13,5						
	6	15	10÷20	150			90	91,8						
	7	55	1÷40	1700			850	749,6						
	8	56	1÷45	1900			950	837,8						
	10	38	5÷40	300			60	70,1						
Силовая		176	1÷45	4110	0,5		1968	1762,9	183	1,05	2066,4	1762,9		
Осветительная											25,27	9,29		
Освещ. территории											152,62	73,92		
Цбк												-1200		
Итого											2244,29	646,1	2335,45 0,73	
ТП3 (2*1600)	11	8	1÷15	60			12	20,78						
ТП4 (1*1600)	12	42	1÷30	600			300	264,58						
	13	55	1÷90	2000			1000	881,92						
	14	35	10÷50	900			270	275,46						
	15	43	10÷40	1300			650	573,25						
	16	32	1÷60	1000			300	440,96						
	9	85	10÷20	550			275	206,25						
Силовая		300	1÷60	6410	0,5		3007	2663,19	214	1,05	3157,35	2663,19		
Осветительная											76,21	28,38		
Цбк												-1800		
Итого											3233,56	891,57	3354,22 0,70	
Итого по заводу 0,4 кВ											7969,48	2500,8		
Δ Ргр, Δ Qгр											78,3	498,6		
Итого по заводу 10 кВ											8047,78	2999,4		
Компрессорная		3									5160	-2476,8		
Насосная		6									1071	513,6		
Итого по заводу											22326,6	4035,6	22688,4	

Рисунок А3 - Уточненный расчет мощности по предприятию