

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

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

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Электроснабжение комбината стройиндустрии

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Баикулов К.Д. ЭснУ-10
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Банченко Ю.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Жакупов А.А., к.э.н., профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 6 » _____ 06 _____ 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С.Е., старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 3 » _____ 06 _____ 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Банченко Ю.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 2 » _____ 06 _____ 2014 г.
(подпись)

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

Рецензент: Цепуштанова О.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Башкулов Казбек Даулетович
(фамилия, имя, отчество)
Тема проекта Электроснабжение комбината стройиндустрии

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «30» мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта Генеральный план комбината. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Реактивное сопротивление на стороне 115 кВ, отнесенное к мощности системы равно 0,4. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 5,5 км. Завод работает в две смены.

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

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

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

| № п/п | Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления руководителю | Примечание |
|-------|--|----------------------------------|------------|
| 1 | Расчет электрических нагрузок по комбинату напряжением 0,4 кВ | 6.01.14 г.- 17.01.14 г. | выполнено |
| 2 | Выбор числа цеховых трансформаторов | 20.02.14 г.- 07.02.14 г. | выполнено |
| 3 | Компенсация реактивной мощности | 10.02.14 г.- 14.02.14 г. | выполнено |
| 4 | Распределение электрических нагрузок цехов по трансформаторным подстанциям | 17.02.14 г.- 03.03.14 г. | выполнено |
| 5 | Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ | 04.03.14 г.- 10.03.14 г. | выполнено |
| 6 | Сравнение вариантов внешнего электроснабжения | 11.03.14 г.- 18.03.14 г. | выполнено |
| 7 | Расчет токов короткого замыкания напряжением выше 1 кВ | 25.03.14 г.- 31.03.14 г. | выполнено |
| 8 | Выбор оборудования напряжением выше 1 кВ | 01.04.14 г.- 12.04.14 г. | выполнено |
| 9 | Эксплуатация электрооборудования распределительного устройства | 15.04.14 г.- 30.04.14 г. | выполнено |
| 10 | Безопасность жизнедеятельности | 06.05.14 г.- 11.05.14 г. | выполнено |
| 11 | Экономическая часть | 13.05.14 г.- 18.05.14 г. | выполнено |
| 12 | Графический материал | 20.05.14 г.- 26.05.14 г. | выполнено |

Дата выдачи задания « 1 » октября 2013 г.

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

Руководитель _____
(подпись) Банченко Ю.И.
(Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____
(подпись) Башкулов К.Д.
(Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада Құрылыс индустриясы комбинатын электрмен жабдықтаудың технологиялық сұлбасы қарастырылды. Ара жоба есеп айыр электр жүктемені, есеп қырман қысқа тұйықталу, алқындыр талғам жабдық. Реттегіш құрылымның электр жабдығының қанаушылығының сұрағы қара. Тарауда тіршілік әрекетінің қауіпсіздігінің цех үшін еңбектің шартының анализы өткіздір-өткізу, нөлдендіру және цехтың ауаны жанартуы өлшеулі. Дипломдық жобаның экономикалық бөлімінде қосалқы сансаның құрылысының экономикалық бағасы жасалынған.

Аннотация

В дипломном проекте была рассмотрена технологическая схема электроснабжения Комбината стройиндустрии. В проекте произведен расчет электрических нагрузок, расчет токов короткого замыкания, сделан выбор оборудования. Рассмотрен вопрос эксплуатации электрооборудования распределительного устройства. В разделе Безопасность жизнедеятельности для цеха проведен анализ условий труда, рассчитано зануление и вентиляция цеха. В экономической части дипломного проекта произведена экономическая оценка инвестиций в строительство подстанции.

Abstract

The flow sheet of power supply of Combine of building industry was considered in a diploma project. The calculation of the electric loading, calculation of currents of short circuit, is produced in a project, the choice of equipment is done. The question of exploitation of electric equipment of distributive device is considered. In a division Safety of vital functions for a workshop the analysis of terms of labour is conducted, the vanishing and ventilation of workshop is expected. In economic part of diploma project the economic evaluation of investments is produced in building of substation.

Содержание

| | | |
|-----|--|----|
| | Список сокращений | 7 |
| | Введение | 8 |
| 1 | Проектирование электроснабжения комбината стройиндустрии | |
| 1.1 | Исходные данные на проектирование | 9 |
| 1.2 | Технологический процесс производства | |
| 1.3 | Расчет электрических нагрузок по комбинату | 10 |
| 1.4 | Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ | 11 |
| 1.5 | Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ | 18 |
| 1.6 | Сравнение вариантов внешнего электроснабжения | 20 |
| 1.7 | Расчет токов короткого замыкания напряжением выше 1 кВ | 43 |
| 1.8 | Выбор оборудования | 47 |
| 2 | Эксплуатация электрооборудования распределительного устройства | 58 |
| 3 | Безопасность жизнедеятельности | 75 |
| 3.1 | Расчет вентиляции ремонтно-механического цеха | 77 |
| 3.2 | Расчет зануления электрооборудования ремонтно-механического цеха | 83 |
| 4 | Экономическая часть | 88 |
| 4.1 | Цели разработки проекта | 88 |
| 4.2 | План производства | 88 |
| 4.3 | Расчет технико-экономических показателей подстанции | 89 |
| 4.4 | Чистая приведенная стоимость | 94 |
| | Заключение | 95 |
| | Список литературы | 97 |

Список сокращений

| | |
|-----|--|
| ВБК | - высоковольтные батареи конденсаторов |
| ВЛ | - воздушная линия |
| ВН | - высокое напряжение |
| ГЛ | - газоразрядные лампы |
| ГПП | - главная понизительная подстанция |
| ИС | - источник света |
| КЗ | - короткое замыкание |
| КРУ | - комплектное распределительное устройство |
| ЛН | - лампы накаливания |
| ЛЭП | - линия электропередач |
| НБК | - низковольтные батареи конденсаторов |
| НН | - низкое напряжение |
| ОПН | - ограничитель перенапряжения |
| ОУ | - осветительная установка |
| РУ | - распределительное устройство |
| СД | - синхронный двигатель |
| СН | - среднее напряжение |
| ТН | - трансформатор напряжения |
| ТП | - трансформаторная подстанция |
| ТТ | - трансформатор тока |

Введение

Цель дипломного проекта спроектировать систему электроснабжения комбината стройиндустрии. Задачей дипломного проекта является расчет электрических нагрузок по комбинату, выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ, сравнение вариантов внешнего электроснабжения, выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания свыше 1кВ.

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

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

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

1 Проектирование электроснабжения комбината стройиндустрии

1.1 Исходные данные на проектирование

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ (трансформаторы работают отдельно). Реактивное сопротивление на стороне 115 кВ, отнесенное к мощности системы равно 0,4. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 5,5 км. Комбинат работает в две смены. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината – таблица 1.1.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки комбината стройиндустрии [1]

| № п/п | Наименование | Кол-во ЭП, n | Установленная мощность, кВт | |
|-------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|------------------|
| | | | Одного ЭП, P _н | Σ P _н |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Склады заполнителей | 30 | 1-25 | 310 |
| 2 | Склад цемента | 15 | 1-20 | 420 |
| 3 | Завод минеральных изделий | 75 | 1-30 | 2200 |
| 4 | Дробильно-сортировочная установка | 23 | 10-35 | 450 |
| 5 | Открытый полигон ж/б изделий | 35 | 1-25 | 330 |
| 6 | Плотнично-опалубочная мастерская | 12 | 1-10 | 80 |
| 7 | Цех металлоконструкций | 45 | 1-55 | 1100 |
| 8 | Установка гашения извести | 6 | 10-20 | 90 |
| 9 | Компрессорная: | | | |
| | а) 0,4 кВ | 15 | 10-40 | 300 |
| | б) СД 10 кВ | 4 | 630 | 2520 |
| 10 | Мастерская стройтермоизоляции | 15 | 10-35 | 250 |
| 11 | Котельная | 40 | 10-90 | 620 |
| 12 | Ремонтно-механический цех | 40 | 5-35 | 250 |
| 13 | Управление комбината | 35 | 1-15 | 220 |
| 14 | Арматурный цех | 50 | 1-100 | 1800 |
| 15 | Завод крупнопанельного домостроения | 66 | 1-85 | 2100 |
| 16 | Завод ж/б изделий | 33 | 10-30 | 630 |
| 17 | Завод ячеистых бетонов | 52 | 10-35 | 1200 |
| 18 | Завод гипсошлаковых перекрытий | 35 | 5-30 | 440 |
| 19 | Завод шифера | 55 | 10-45 | 1400 |
| 20 | База механизации | 47 | 10-55 | 1200 |
| 21 | Бетонно-растворный завод | 35 | 1-30 | 500 |

1.2 Технологический процесс производства

Приготовление бетонной смеси. Индустриальная строительства стала возможной благодаря применению крупных сборных бетонных и железобетонных конструкций. Бетон хорошо сопротивляется сжатию и плохо растяжению. Если ввести в бетон стальную арматуру, которая воспринимает растягивающие усилия, получается новый материал — железобетон, обладающий высокой прочностью как на сжатие, так и на растяжение. Совместная работа арматуры и бетона способствует хорошему сцеплению между ними и близости коэффициентов температурного расширения. Плотный бетон хорошо защищает стальную арматуру от коррозии.

Железобетонные конструкции по способу изготовления делятся на монолитные и сборные. Монолитные конструкции возводят непосредственно на стройке. При этом затрачивается труд на изготовление опалубки, подмостей и т.д. Очень трудно бетонировать монолитные конструкции в зимнее время.

Сборные бетонные и железобетонные конструкции дешевле монолитных и выпускаются на специальных заводах и полигонах. Полигоны представляет открытые площадки, оборудованные для производства изделий. Производство бетонных и железобетонных сборных конструкций включает следующие основные операции: подготовку сырьевых материалов и бетонной смеси, изготовление арматуры и армирование изделий, формование, твердение изделий, отделка их лицевой поверхности.

Разгрузка материалов из железобетонных вагонов, баржи и автомашин на склад, перемещение их по складу и подача сырья в отделение подготовки и обогащения, а также транспортирование подготовленных сырьевых материалов в основной цех производится специальными машинами.

Для интенсификации твердения бетона и восстановления активности лежалых цементов их дополнительно дробят сухим и мокрым способами в вибрационных или шаровых мельницах. После дополнительного помола цемент приобретает способность твердеть в ранние сроки.

Бетонные смеси приготавливают в бетоносмесительных цехах предприятий сборного железобетона или на центральных автоматизированных бетонных заводах, обслуживающих близлежащие стройки. Процесс приготовления смеси состоит из дозирования всех компонентов и перемешивания их до получения однородной массы. Основным оборудованием бетоносмесительных установок и цехов являются дозаторы и смесители.

Изготовление арматуры и армирование изделий. Стальная арматура для железобетонных конструкций в зависимости от технологии изготовления делится на горячекатаную стержневую диаметром 6-90 мм и холоднотянутую проволочную диаметром 3-8 мм. По виду стержневой используются, стали гладкого и периодического профиля. В зависимости от механических свойств горячекатаную стержневую сталь делят на классы: А-I, А-II, А-III, А-IV.

Холодотянутая проволочная арматура бывает двух классов: В-I (низкоуглеродистая), предназначенная для обычного армирования, и В-II (углеродистая), для напряженного армирования.

Для обычного армирования применяется арматурная сталь классов А-II, А-III и обыкновенная арматурная проволока, а при особом обосновании — А-I и А-II в. Для предварительного напряженного армирования используются высокопрочная проволока, арматурные пряди и арматура класса А-IV.

Формование изделий. В процессе формования бетонная смесь должна хорошо заполнить форму, а свежееуплотненный бетон при этом должен иметь однородное строение и минимальный объем воздушных пор. Формование изделий включает следующие операции: подготовку форм, установку арматуры, укладку и уплотнение бетонной смеси. На заводах при массовом изготовлении изделий используют металлические формы. Износ их невелик, и изделия получаются строго заданных размеров.

Перед заполнением форм бетонной смесью их очищают от оставшегося старого бетона, смазывают во избежание прилипания бетонной смеси при уплотнении, прочно соединяют все части, затем устанавливают в форму арматуру закладные детали, в случае необходимости производят предварительное натяжение арматуры. Смазывают формы, чтобы бетон не приставал к ним, солидолом, автолом, отработанным машинным маслом и др.

К формовочным постам бетонные смеси доставляются бетоноукладчиками и в некоторых случаях пневмотранспортом. Бетоноукладчики бывают с вибрлотковым питателем для формования изделий шириной 2 м и с ленточным питателем для более широких изделий.

Способы формовки. Производство железобетонных конструкций организуется тремя принципиально различными способами: изготовление изделий в неподвижных формах — стендовой и кассетный способы; изготовление изделий в подвижных формах, перемещаемых по потоку от одного стационарного поста к другому. В зависимости от степени расчлененности технологических операций различают поточно-конвейерный способы.

Хранение и транспортировка готовой продукции. Железобетонные изделия на складах хранятся по сортам и партиям. Каждое изделие маркируется. При хранении изделия занимают положение, при котором они воспринимают нагрузку в здании или сооружении. Таким образом, изделия хранятся или их в штабелях на деревянных инвентарных подкладках, или их устанавливают в кассеты. Изделия из тяжелых бетонов хранят на открытых складах, а из легких и ячеистых бетонов — в помещениях закрытого типа. Количество изделий в партии зависит от их объема и не должно превышать: при объеме одного элемента до 0,1 м — 100 шт., 0,1— 0,3 м — 700 шт., 0,3 — 1 м — 300 шт., 1— 2 м — 150 шт. Транспортируется изделия из сборного железобетона автомобильным и железнодорожным транспортом, причем изделия следует укладывать продольной осью в направлении движения.

1.3 Расчет электрических нагрузок по комбинату

Расчет осветительной нагрузки.

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

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

$$P_{po} = K_{co} \cdot \rho_o \cdot F, \text{ кВт}; \quad (1.1)$$

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg} \varphi_o, \text{ кВар}, \quad (1.2)$$

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

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

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

Все расчетные данные заносятся в таблицу 1.2 «Расчет осветительной нагрузки».

Расчет низковольтных электрических нагрузок по комбинату.

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам предприятия производим методом «Упорядоченных диаграмм» упрощенным способом. Число m определяется [2]:

$$m = \frac{P_{n\max}}{P_{n\min}}, \quad (1.3)$$

где $P_{n\max}, P_{n\min}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников.

Средняя активная нагрузка за наиболее нагруженную смену:

$$P_{cm} = K_u \cdot P_n, \text{ кВт} \quad (1.4)$$

где K_u – коэффициент использования, значения которого выбирается по справочнику [3];

P_n – номинальная активная нагрузка.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее нагруженную смену [2]:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg \varphi, \text{квар.} \quad (1.5)$$

где $P_{см}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;
 $tg \varphi$ – реактивный коэффициент мощности.

Для определения итоговой нагрузки узла питания необходимо определить средневзвешенное значение коэффициента использования [2]:

$$K_u = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_n}. \quad (1.6)$$

Эффектное число электроприемников:

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

Максимальная активная получасовая нагрузка от силовых электроприемников узла [2]:

$$P_m = K_m \cdot P_{см}, \text{кВт.} \quad (1.8)$$

где K_m – коэффициент максимума;
 $P_{см}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену.

Максимальная реактивная получасовая нагрузка от силовых электроприемников узла [2]:

$$\begin{aligned} & \text{- при } n_{\text{э}} \leq 10, Q_m = 1,1 \cdot Q_{см}, \text{квар;} \\ & \text{- при } n_{\text{э}} > 10, Q_m = Q_{см}, \text{квар.} \end{aligned} \quad (1.9)$$

Максимальная полная нагрузка расчетного узла питания [2]:

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}, \text{кВА.} \quad (1.10)$$

Расчетный максимальный ток [2]:

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{А.} \quad (1.11)$$

Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 1.3 «Расчет электрических нагрузок по цехам напряжением 0,4кВ».

Таблица 1.2 - Расчет осветительной нагрузки

| № п/п | Наименование производственного помещения | Размеры помещения, длина (м) × ширина (м) | Площадь помещения, м ² | Удельная осветительная нагрузка ρ_0 , кВт/м ² | Коэффициент спроса, K_c | Установленная мощность освещения, $P_{у0}$, кВт | Расчетная мощность осветительной нагрузки | | cosφ / tgφ |
|-------|--|---|-----------------------------------|---|---------------------------|--|---|-----------------|------------|
| | | | | | | | $P_{р0}$, кВт | $Q_{р0}$, квар | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Склады заполнителей | 168×24 | 4032 | 0,01 | 0,6 | 40,32 | 24,19 | 12,10 | 0,9/0,5 |
| 2 | Склад цемента | 44×32 | 1408 | 0,01 | 0,6 | 14,08 | 8,45 | 4,22 | 0,9/0,5 |
| 3 | Завод минеральных изделий | 52×72 | 3744 | 0,018 | 0,8 | 67,39 | 53,91 | 26,96 | 0,9/0,5 |
| 4 | Дробильно-сортировочная установка | 44×44 | 1936 | 0,018 | 0,8 | 34,85 | 27,88 | 13,94 | 0,9/0,5 |
| 5 | Открытый полигон ж/б изделий | 108×24 | 2592 | 0,015 | 0,8 | 38,88 | 31,10 | 15,55 | 0,9/0,5 |
| 6 | Плотнично-опалубочная мастерская | 40×12 | 480 | 0,015 | 0,8 | 7,20 | 5,76 | 2,88 | 0,9/0,5 |
| 7 | Цех металлоконструкций | 32×64 | 2048 | 0,016 | 0,8 | 32,77 | 26,21 | 13,11 | 0,9/0,5 |
| 8 | Установка гашения извести | 24×24 | 576 | 0,014 | 0,8 | 8,06 | 6,45 | 3,23 | 0,9/0,5 |
| 9 | Компрессорная | 32×24 | 768 | 0,013 | 0,7 | 9,98 | 6,99 | 3,49 | 0,9/0,5 |
| 10 | Мастерская стройтермоизоляции | 36×8 | 288 | 0,015 | 0,8 | 4,32 | 3,46 | 1,73 | 0,9/0,5 |
| 11 | Котельная | 64×16 | 1024 | 0,013 | 0,7 | 13,31 | 9,32 | 4,66 | 0,9/0,5 |
| 12 | Ремонтно-механический цех | 33×19 | 864 | 0,016 | 0,8 | 13,82 | 11,06 | 5,53 | 0,9/0,5 |
| 13 | Управление комбината | 36×96 | 3456 | 0,02 | 0,9 | 69,12 | 62,21 | 31,10 | 0,9/0,5 |
| 14 | Арматурный цех | 32×120 | 3840 | 0,016 | 0,8 | 61,44 | 49,15 | 24,58 | 0,9/0,5 |
| 15 | Завод крупнопанельного домостроения | 132×36 | 4752 | 0,014 | 0,8 | 66,53 | 53,22 | 26,61 | 0,9/0,5 |
| 16 | Завод ж/б изделий | 52×16 | 832 | 0,014 | 0,8 | 11,65 | 9,32 | 4,66 | 0,9/0,5 |
| 17 | Завод ячеистых бетонов | 40×60 | 2400 | 0,015 | 0,8 | 36,00 | 28,80 | 14,40 | 0,9/0,5 |
| 18 | Завод гипсошлаковых перекрытий | 60×28 | 1680 | 0,015 | 0,8 | 25,20 | 20,16 | 10,08 | 0,9/0,5 |
| 19 | Завод шифера | 208×40 | 8320 | 0,015 | 0,8 | 124,80 | 99,84 | 49,92 | 0,9/0,5 |
| 20 | База механизации | 120×24 | 2880 | 0,015 | 0,8 | 43,20 | 34,56 | 17,28 | 0,9/0,5 |
| 21 | Бетонно-растворный завод | 104×68 | 7072 | 0,014 | 0,8 | 99,01 | 79,21 | 39,60 | 0,9/0,5 |
| | Территория | 600×400 | 185008 | 0,002 | 1 | 370,02 | 370,02 | 185,01 | 0,9/0,5 |

Таблица 1.3 - Расчет силовых нагрузок по цехам комбината стройиндустрии, U = 0,4кВ

| № цехов | Наименование цехов | Кол-во ЭП, п | Установленная мощность, кВт | | m | Ки | cosφ /tgφ | Средние нагрузки | | пэ | Км | Расчетные нагрузки | | | Ip, А |
|---------|--|--------------|---|-----------------|----|------|-----------|-----------------------|------------------------|----|------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------|
| | | | R _н min÷ R _н max | ΣP _н | | | | P _{см} , кВт | Q _{см} , квар | | | P _p , кВт | Q _p , квар | S _p , кВА | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | Склады заполнителей: а) силовая | 30 | 1-25 | 310 | >3 | 0,25 | 0,6/1,33 | 77,5 | 103,3 | 25 | 1,4 | 108,5 | 103,3 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 24,19 | 12,10 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 132,7 | 115,4 | 175,9 | 267,5 |
| 2 | Склад цемента: а) силовая | 15 | 1-20 | 420 | >3 | 0,25 | 0,6/1,33 | 105 | 140,0 | 15 | 1,5 | 157,5 | 140,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 8,45 | 4,22 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 165,9 | 144,2 | 219,9 | 334,4 |
| 3 | Завод минеральных изделий а) силовая | 75 | 1-30 | 2200 | >3 | 0,4 | 0,75/0,88 | 88 | 77,6 | 15 | 1,23 | 108,2 | 77,6 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 53,91 | 26,96 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 162,2 | 104,6 | 192,9 | 293,5 |
| 4 | Дробильно-сортировочная установка а) силовая | 23 | 10-35 | 450 | >3 | 0,6 | 0,75/0,88 | 270 | 238,1 | 23 | 1,15 | 310,5 | 238,1 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 27,88 | 13,94 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 338,4 | 252,1 | 421,9 | 641,8 |
| 5 | Открытый полигон ж/б изделий а) силовая | 35 | 1-25 | 330 | >3 | 0,3 | 0,7/1,02 | 99 | 101,0 | 26 | 1,28 | 126,7 | 101,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 31,10 | 15,55 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 157,8 | 116,6 | 196,2 | 298,4 |
| 6 | Плотнично-опалубочная мастерская: а) силовая | 12 | 1-10 | 80 | >3 | 0,3 | 0,7/1,02 | 24 | 24,5 | 12 | 1,52 | 36,5 | 24,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 5,76 | 2,88 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 42,2 | 27,4 | 50,3 | 76,6 |
| 7 | Цех металлоконструкций а) силовая | 45 | 1-55 | 1100 | >3 | 0,4 | 0,8/0,75 | 440 | 330,0 | 40 | 1,15 | 506,0 | 330,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 26,21 | 13,11 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 532,2 | 343,1 | 633,2 | 963,2 |

Продолжение таблицы 1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|-------------------------------|----|-------|------|----|------|----------|------|-------|----|------|-------|-------|--------|--------|
| 8 | Установка гашения извести | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 6 | 10-20 | 90 | >3 | 0,5 | 0,7/1,02 | 45 | 45,9 | 6 | 1,51 | 68,0 | 50,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 6,45 | 3,23 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 74,4 | 53,7 | 91,8 | 139,6 |
| 9 | Компрессорная | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 15 | 10-40 | 300 | >3 | 0,65 | 0,8/0,75 | 19,5 | 14,6 | 2 | 1,46 | 28,5 | 16,1 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 6,99 | 3,49 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 35,5 | 19,6 | 40,5 | 61,6 |
| 10 | Мастерская стройтермоизоляции | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 15 | 10-35 | 250 | >3 | 0,4 | 0,8/0,75 | 100 | 75,0 | 14 | 1,32 | 132,0 | 75,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 3,46 | 1,73 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 135,5 | 76,7 | 155,7 | 236,8 |
| 11 | Котельная | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 40 | 10-90 | 620 | >3 | 0,65 | 0,8/0,75 | 403 | 302,3 | 14 | 1,16 | 467,5 | 302,3 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 9,32 | 4,66 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 476,8 | 306,9 | 567,0 | 862,5 |
| 12 | Ремонтно-механический цех | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 40 | 5-35 | 250 | >3 | 0,3 | 0,71,02 | 75 | 76,5 | 14 | 1,45 | 108,8 | 76,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 11,06 | 5,53 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 119,8 | 82,0 | 145,2 | 220,9 |
| 13 | Управление комбината | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 35 | 1-15 | 220 | >3 | 0,5 | 0,8/0,75 | 110 | 82,5 | 29 | 1,16 | 127,6 | 82,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 62,21 | 31,10 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 189,8 | 113,6 | 221,2 | 336,5 |
| 14 | Арматурный цех | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 50 | 1-100 | 1800 | >3 | 0,35 | 0,6/1,33 | 630 | 840,0 | 36 | 1,24 | 781,2 | 840,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 49,15 | 24,58 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 830,4 | 864,6 | 1198,7 | 1823,5 |

Окончание таблицы 1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|-------------------------------------|----|-------|------|----|-----|-----------|-----|-------|----|------|--------|--------|--------|---------|
| 15 | Завод крупнопанельного домостроения | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 66 | 1-85 | 2100 | >3 | 0,4 | 0,7/1,02 | 840 | 857,0 | 49 | 1,14 | 957,6 | 857,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 53,22 | 26,61 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 1010,8 | 883,6 | 1342,6 | 2042,2 |
| 16 | Завод ж/б изделий | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 33 | 10-30 | 630 | >3 | 0,4 | 0,7/1,02 | 252 | 257,1 | 33 | 1,19 | 299,9 | 257,1 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 9,32 | 4,66 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 309,2 | 261,8 | 405,1 | 616,2 |
| 17 | Завод ячеистых бетонов | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 52 | 10-35 | 1200 | >3 | 0,4 | 0,65/1,17 | 480 | 561,2 | 52 | 1,14 | 547,2 | 561,2 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 28,80 | 14,40 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 576,0 | 575,6 | 814,3 | 1238,7 |
| 18 | Завод гипсошлаковых перекрытий: | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 35 | 5-30 | 440 | >3 | 0,4 | 0,65/1,17 | 176 | 205,8 | 29 | 1,19 | 209,4 | 205,8 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 20,16 | 10,08 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 229,6 | 215,8 | 315,1 | 479,4 |
| 19 | Завод шифера: | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 55 | 10-45 | 1400 | >3 | 0,4 | 0,75/0,88 | 560 | 493,9 | 55 | 1,14 | 638,4 | 493,9 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 99,84 | 49,92 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 738,2 | 543,8 | 916,9 | 1394,7 |
| 20 | База механизации: | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 47 | 10-55 | 1200 | >3 | 0,3 | 0,8/0,75 | 360 | 270,0 | 44 | 1,15 | 414,0 | 270,0 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 34,56 | 17,28 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 448,6 | 287,3 | 532,7 | 810,3 |
| 21 | Бетонно-растворный завод | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 35 | 1-30 | 500 | >3 | 0,5 | 0,75/0,88 | 250 | 220,5 | 33 | 1,16 | 290,0 | 220,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 79,21 | 39,60 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 369,2 | 260,1 | 451,6 | 687,0 |
| | Освещение территории | | | | | | | | | | | 370,02 | 185,01 | 413,7 | |
| | Итого на шинах 0,4 кВ | | | | | | | | | | | 7445,2 | 5833,4 | 9458,3 | 14387,4 |

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

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

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 7545,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 5833,4 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 9458,3 \text{ кВА}.$$

Комбинат стройиндустрии относится ко 2 категории потребителей, комбинат работает в две смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. При плотности нагрузки напряжением 380 В до 0,2-0,3 кВА/м² принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 1000$ кВА.

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

$$N_{т\ min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N \quad (1.12)$$

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.

$$N_{т\ min} = \frac{7445,2}{0,8 \times 1000} + 0,694 = 10$$

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле [2]:

$$N_{т.э} = N_{т.\ min} + m, \quad (1.13)$$

где m – дополнительное число трансформаторов.

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

$$З^*п/ст = 0,5; k_3 = 0,8; N_{т.\ min} = 10; \Delta N = 0,694.$$

Тогда из справочника [2] по кривым определяем m , для нашего случая $m=0$, значит $N_{т.э} = 10+0=10$ трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность Q_1 , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ (см. рисунок 1.1), определяется по формуле [2]:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3^2) - P_{p0,4}^2} \quad (1.14)$$

$$Q_1 = \sqrt{(10 \times 1000 \times 0,8)^2 - 7445,2^2} = 2927,3 \text{ квар.}$$

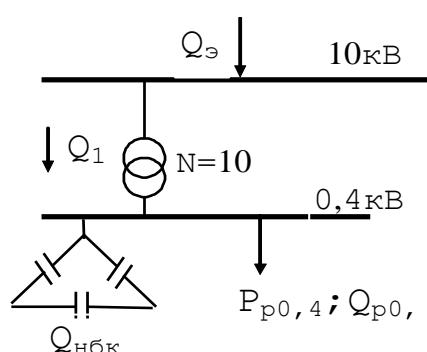


Рисунок 1.1

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

$$Q_{нбк} = Q_{p0,4} - Q_1, \text{ квар} \quad (1.15)$$

$$Q_{нбк} = 5833,4 - 2927,3 = 2906,1 \text{ квар}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор [2]:

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{тэ}}, \text{ квар} \quad (1.16)$$

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{2927,3}{10} = 292 \approx 300 \text{ квар.}$$

Выбираем низковольтную батарею конденсаторов типа УК-0,38-300-150У3.

На основании расчетов, полученных выше составляется таблица 1.4 «Распределение нагрузок цехов по ТП», в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 1.4 - Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

| №ТП, Sn.тр, Q _{НБК} | № цехов | P _{P0,4} , кВт | Q _{P0,4} , квар | S _{P0,4} , кВА | Kз |
|---|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ТП1 (2x1000 кВА) ТП2 (2x1000 кВА) ΣSn=4000кВА | 1 | 132,7 | 115,4 | | |
| | 3 | 162,15 | 104,57 | | |
| | 8 | 74,40 | 53,73 | | |
| | 9 | 35,46 | 19,58 | | |
| | 11 | 476,80 | 306,91 | | |
| | 12 | 119,81 | 82,04 | | |
| | 17 | 576,00 | 575,58 | | |
| | 19 | 738,24 | 543,79 | | |
| | 20 | 448,56 | 287,28 | | |
| | осв.тер. | 370,02 | 185,01 | | |
| Q _{НБК} = 4x300 квар | | | -1200,0 | | |
| Итого | | 3134,1 | 1073,9 | 3313,02 | 0,83 |
| ТП3 (2x1000 кВА) ТП4 (2x1000 кВА) ΣSn=4000кВА | 4 | 338,38 | 252,06 | | |
| | 7 | 532,21 | 343,11 | | |
| | 13 | 189,81 | 113,60 | | |
| | 14 | 830,35 | 864,58 | | |
| | 15 | 1010,82 | 883,58 | | |
| Q _{НБК} = 4x300 квар | | | -1200 | | |
| Итого | | 2901,6 | 1256,9 | 3162,12 | 0,79 |
| ТП5 (2x1000 кВА) ΣSn=2000кВА | 2 | 165,9 | 144,2 | | |
| | 5 | 157,8 | 116,6 | | |
| | 6 | 42,2 | 27,4 | | |
| | 10 | 135,46 | 76,73 | | |
| | 16 | 309,20 | 261,75 | | |
| | 18 | 229,60 | 215,85 | | |
| | 21 | 369,21 | 260,08 | | |
| Q _{НБК} = 2x300 квар | | | -600 | | |
| Итого | | 1409,5 | 502,5 | 1496,39 | 0,75 |

1.5 Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ

Определение потерь мощности в ЦТП.

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

$$\Delta P_m = (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) \cdot N, \quad (1.17)$$

$$\Delta Q_m = \left(\frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{nm} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{nm} \cdot K_3^2 \right) \cdot N. \quad (1.18)$$

где ΔP_{xx} – активные потери холостого хода;

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

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

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

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

N – количество трансформаторов

Таблица 1.5 - Технические характеристики трансформатора

| Тип трансформатора | Напряжение, кВ | | Потери, кВт | | Напряжение кз, % | Ток хх, % |
|--------------------|----------------|-----|-------------|------|------------------|-----------|
| | ВН | НН | хх | Кз | | |
| ТСЛ(З)-1000 | 6-10 | 0,4 | 2,45 | 12,2 | 5,5 | 1,4 |

Трехфазные сухие трансформаторы с литой изоляцией типа ТСЛЗ (с кожухом) мощностью 250-2500 кВА и класса напряжения до 10 кВ предназначены для преобразования электрической энергии в электросетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц. Устанавливаются в промышленных помещениях и общественных зданиях, к которым предъявляют повышенные требования в части пожаробезопасности, взрывозащищенности, экологической чистоты.

Трансформаторы выпускаются в исполнении со степенью защиты IP00 или IP21. Против перегрева трансформаторы защищены тепловой позисторной защитой, встроенной в обмотку низшего напряжения и выведенной на клеммы теплового реле. Регулирование напряжения до $\pm 5\%$ ступенями по 2,5%. ПБВ (переключение без возбуждения путем перестановки перемычек).

Трансформаторы не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной, взрывоопасной, содержащей пыли окружающей среде.

ТП1, ТП2: $K_3 = 0,83$; $N = 4$.

$$\Delta P_{mp1,2} = (2,45 + 12,2 \cdot 0,83^2) \cdot 4 = 43,28 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp1,2} = \left(\frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,83^2 \right) \cdot 4 = 206,92 \text{ квар}.$$

ТПЗ, ТП4: $K_3 = 0,79$; $N = 4$

$$\Delta P_{mp3,4} = (2,45 + 12,2 \cdot 0,79^2) \cdot 4 = 40,3 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp3,4} = \left(\frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,79^2 \right) \cdot 4 = 193,49 \text{ квар.}$$

ТП5: $K_3 = 0,75$; $N = 5$

$$\Delta P_{mp5} = (2,45 + 12,2 \cdot 0,75^2) \cdot 2 = 18,56 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp5} = \left(\frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,75^2 \right) \cdot 2 = 89,58 \text{ квар.}$$

Суммарные потери во всех трансформаторах:

$$\Sigma \Delta P_T = 43,28 + 40,3 + 18,56 = 102,13 \text{ кВт.}$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 206,92 + 193,49 + 89,58 = 489,98 \text{ квар.}$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей.

Исходные данные: $P_{нсд} = 630 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $N_{сд} = 4$; $K_3 = 0,85$.

Определение расчетных активных и реактивных мощностей для СД:

$$P_{рсд} = P_{нсд} \cdot N_{сд} \cdot K_3, \text{ кВт} \quad (1.19)$$

$$P_{рсд} = 630 \cdot 4 \cdot 0,85 = 2142 \text{ кВт.}$$

$$Q_{рсд} = P_{рсд} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар.} \quad (1.20)$$

$$Q_{рсд} = 2142 \cdot 0,48 = 1037,4 \text{ квар.}$$

Выбираем синхронный двигатель типа СДНЗ-2-18-39-16.

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП
Составим схему электроснабжения, показанную на рисунке 2.2.

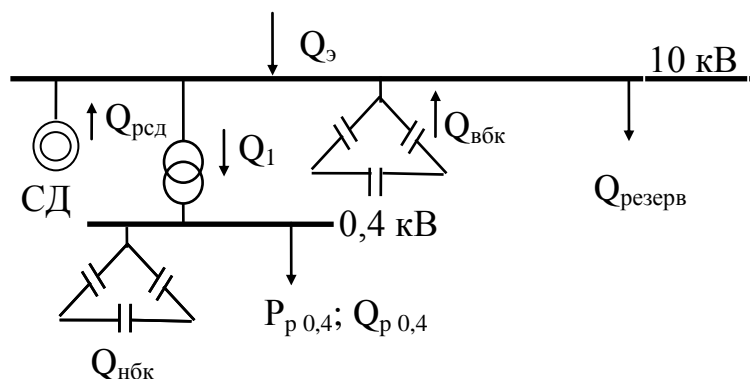


Рисунок 1.2
25

Составляется уравнение баланса реактивной мощности для шин 10 кВ ГПП:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_{mp\Sigma} + Q_{pДСП} + \Delta Q_{mpДСП} + Q_{рез} \pm Q_{pСД} - Q_{\ominus} - Q_{НБК} \quad (1.21)$$

где $Q_{рез}$ – величина резерва реактивной мощности на предприятии, определяется по формуле [2]:

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot (Q_{p0,4} + \Delta Q_{mp\Sigma}) \quad (1.22)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot (5833,4 + 489,98) = 632,3 \text{ квар.}$$

Q_{\ominus} – входная реактивная мощность задается энергосистемой как экономически оптимальная реактивная мощность, которая может быть передана предприятию в период наибольшей нагрузки энергосистемы и определяется по формуле [2]:

$$Q_{\ominus} = 0,23 \div 0,25 \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_{mp\Sigma} + P_{pСД}) \quad (1.23)$$

$$Q_{\ominus} = 0,25 \cdot (7545,2 + 102,13 + 2142) = 2422,3 \text{ квар.}$$

$$Q_{ВБК} = 5833,4 + 489,98 + 632,3 - 2422,3 - 3000 - 1037,4 = 496 \text{ квар.}$$

Так как $Q_{ВБК}$ мала, то установка батарей конденсаторов не требуется.

Расчет силовой нагрузки по комбинату в целом приведен в таблице 1.6 «Расчет уточненной мощности по комбинату стройиндустрии».

Таблица 1.6 - Расчет уточненной мощности по комбинату стройиндустрии

| №№ТП, СНТ, Q _{НБК} ТП | №№ цеха | n | P _n min – P _n max | ΣP _n | К _и | Средняя мощность | | пэ | К _м | Расчетные мощности | | | К _з |
|---|---------|-----|--|-----------------|----------------|-----------------------|------------------------|-----|----------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------|
| | | | | | | P _{см} , кВт | Q _{см} , квар | | | P _p , кВт | Q _p , квар | S _p , кВА | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ТП1, ТП2 (4×1000 кВА) | 1 | 30 | 1-25 | 310 | | 78 | 103 | | | | | | |
| | 3 | 75 | 1-30 | 220 | | 88 | 78 | | | | | | |
| | 8 | 6 | 10-20 | 90 | | 45 | 46 | | | | | | |
| | 9 | 15 | 10-40 | 30 | | 20 | 15 | | | | | | |
| | 11 | 40 | 10-90 | 620 | | 403 | 302 | | | | | | |
| | 12 | 40 | 5-35 | 250 | | 75 | 77 | | | | | | |
| | 17 | 52 | 10-35 | 1200 | | 480 | 561 | | | | | | |
| | 19 | 55 | 10-45 | 1400 | | 560 | 494 | | | | | | |
| | 20 | 47 | 10-55 | 1200 | | 360 | 270 | | | | | | |
| Силовая: Освещение: Освещение территории Q _{НБК} Итого | | 360 | 90 | 5320 | 0,40 | 2108 | 1945 | 118 | 1,07 | 2255,56 275,12 370,02 | 1945,3 137,56 185,01 -1200 | 3091,0 | 0,77 |
| ТП3, ТП4, (4×1000 кВА) | 4 | 23 | 10-35 | 450 | | 270 | 238 | | | | | | |
| | 7 | 45 | 1-55 | 1100 | | 440 | 330 | | | | | | |
| | 13 | 35 | 1-15 | 220 | | 110 | 83 | | | | | | |
| | 14 | 50 | 1-100 | 1800 | | 630 | 840 | | | | | | |
| | 15 | 66 | 1-85 | 2100 | | 840 | 857 | | | | | | |
| Силовая: Освещение: Q _{НБК} Итого | | 219 | 100 | 5670 | 0,40 | 2290 | 2348 | 113 | 1,07 | 2450,3 218,68 | 2347,59 109,34 -1200 | 2950,1 | 0,74 |

Окончание таблицы 1.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|----|-----|-------|------|------|------|------|-----|-----|--------|--------|---------|-----|
| ТП5 (2×1000 кВА) | 2 | 15 | 1-20 | 420 | | 105 | 140 | | | | | | |
| | 5 | 35 | 1-25 | 330 | | 99 | 101 | | | | | | |
| | 6 | 12 | 1-10 | 80 | | 24 | 24 | | | | | | |
| | 10 | 15 | 10-35 | 250 | | 100 | 75 | | | | | | |
| | 16 | 33 | 10-30 | 630 | | 252 | 257 | | | | | | |
| | 18 | 35 | 5-30 | 440 | | 176 | 206 | | | | | | |
| | 21 | 35 | 1-30 | 500 | | 250 | 220 | | | | | | |
| Силовая: | | 180 | 35 | 2650 | 0,38 | 1006 | 1024 | 151 | 1,1 | 1106,6 | 1023,8 | | |
| Освещение: | | | | | | | | | | 157,45 | 78,73 | | |
| QНБК | | | | | | | | | | | -600 | | |
| Итого | | | | | | | | | | 1264,1 | 502,5 | 1360,3 | 0,7 |
| Итого на шинах 0,4 кВ | | | | | | | | | | 6833,7 | 2827,3 | | |
| ΣΔP _T , ΣΔQ _T | | | | | | | | | | 102,1 | 490,0 | | |
| Нагрузка 0,4 кВ, приведенная к шинам 10 кВ. | | | | | | | | | | 6935,9 | 3317,3 | | |
| Компрессорная | 9 | 4 | 630 | 2520 | | | | | | 2142,0 | 1037,4 | | |
| Всего по комбинату | | | | | | | | | | 9077,9 | 2279,9 | 10068,4 | |

1.6 Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ (трансформаторы работают раздельно). Реактивное сопротивление на стороне 115 кВ, отнесенное к мощности системы равно 0,4. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 5,5 км.

Для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения комбината рассмотрим три варианта:

1. I вариант – ЛЭП 110 кВ;
2. II вариант – ЛЭП 35 кВ;
3. III вариант – ЛЭП 10 кВ.

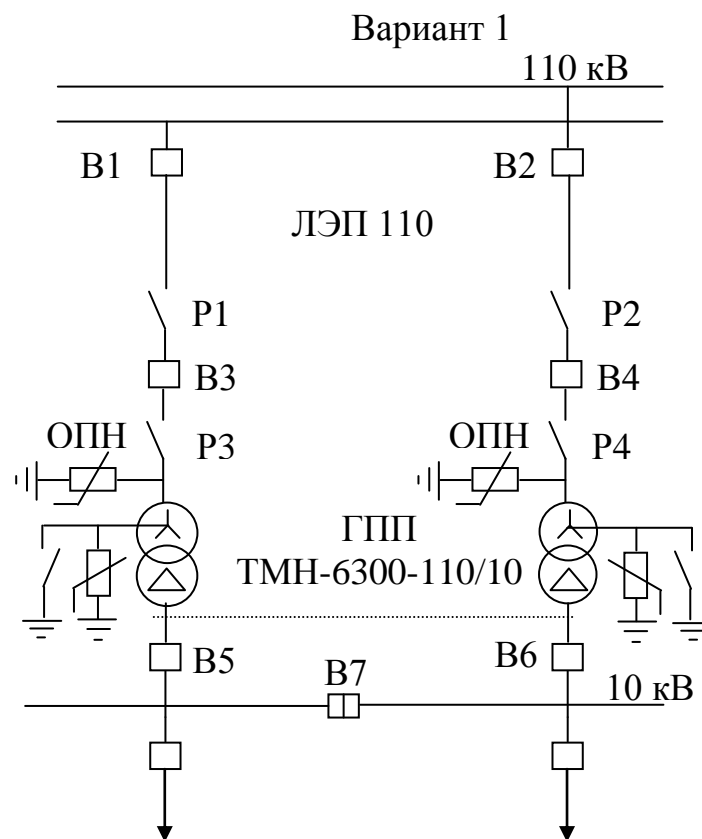


Рисунок 1.3 - Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S_{pГПП} = \sqrt{P_p^2 + Q_s^2}, \text{ кВА} \quad (1.24)$$

$$S_{pГПП} = \sqrt{9206,1^2 + 2422,3^2} = 9519,4 \text{ кВА}$$

Выбираем 2 трансформатора мощностью 6300 кВА, типа ТМН-6300/110:

$$K_3 = \frac{S_{p\Gamma\Pi\Pi}}{2 \cdot S_{\text{ном.тр}}} \frac{9519,4}{2 \cdot 6300} = 0,8 \leq 0,85.$$

Таблица 1.7 - Технические характеристики трансформатора

| Тип трансформатора | Напряжение, кВ | | Потери, кВт | | Напряжение кз, % | Ток хх, % |
|--------------------|----------------|----|-------------|----|------------------|-----------|
| | ВН | НН | хх | кз | | |
| ТМН-6300/110 | 115 | 11 | 17,5 | 50 | 10,5 | 1,0 |

Трансформатор силовой, трехфазный, двухобмоточный, с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха, с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН), с диапазоном регулирования $\pm 9 \times 1,78\%$ со стороны ВН. Автоматическое управление осуществляется от автоматического контроллера поставляемого вместе трансформатором. Применение трансформатора типа ТМН позволяет обеспечить потребителю надежное электроснабжение в течение всего срока эксплуатации [3].

Структура условного обозначения ТДН-Х/110-У1

Т- трансформатор трехфазный;

Д – принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла;

Н- с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН);

Х – номинальная мощность, кВА;

110-класс напряжения, кВ;

У1- климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150.

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2), \text{ кВт} \quad (1.25)$$

$$\Delta P_{\text{тр.ГПП}} = 2 \cdot (17,5 + 50 \cdot 0,8^2) = 99 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot \left(\frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} \cdot K_3^2 \right), \text{ квар} \quad (1.26)$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot (0,01 \cdot 6300 + 0,105 \cdot 6300 \cdot 0,728^2) = 972 \text{ квар}$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{T,\text{ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \tau \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2), \quad (1.27)$$

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

[3]

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

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \times 8760, \text{ ч} \quad (1.28)$$

где $T_M = 4000 \text{ ч}$ – число часов использования максимума [1].

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \times 8760 = 2405 \text{ ч.}$$

$$\Delta W_{T.ГПП} = 2 \cdot (17,5 \cdot 4000 + 50 \cdot 2405 \cdot 0,8^2) = 293920 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Выбор сечения проводов ЛЭП 110 кВ.

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{тр.ГПП}})^2 + Q_3^2}, \text{ кВА} \quad (1.29)$$

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(9206,1 + 99)^2 + 2422,3^2} = 9606,1 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{лэп}}}{\sqrt{3} \times U}, \text{ А} \quad (1.30)$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{9615,2}{1,73 \cdot 115} = 48 \text{ А}$$

$$I_p = \frac{I_{\text{ав}}}{2} = \frac{48}{2} = 24 \text{ А.}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока (j_3):

$$F_3 = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \text{ мм}^2 \quad (1.31)$$

$$F_3 = \frac{24}{1,1} = 21 \text{ мм}^2$$

где $j_{\text{эк}} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ – экономическая плотность тока для воздушных линий [3].

Принимаем стандартное ближайшее сечение $F_3=25 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}}= 80\text{А}$

б) по условию потерь на «корону»

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

в) на нагрев рабочим током

$$I_{\text{доп.пров.}} > I_p, (265\text{А} > 24\text{А})$$

г) по аварийному режиму

$$1,3 \times I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{ав.}}, (345 > 48 \text{ А})$$

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

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 110 кВ:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП110}} = N \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \text{кВт} \cdot \text{ч} \quad (1.32)$$

где $R = r_0 \cdot l, \text{Ом}$

$r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС-70 [1].

$$\Delta W_{\text{ЛЭП110}} = 2 \cdot 3 \cdot 24^2 \cdot (0,46 \cdot 5,5) \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 21028 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

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

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (см. рисунок 1.3) и рассчитаем ток короткого замыкания.

Принимаем $S_6 = 1000 \text{ МВА}$, $U_6 = 115 \text{ кВ}$, $x_c = 0,4 \text{ о.е.}$

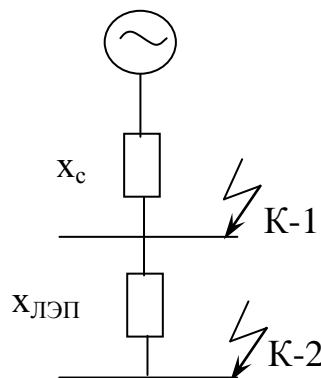


Рисунок 1.4 - Схема замещения

Определяем базисный ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_6}, \text{кА} \quad (1.33)$$

$$I_{\sigma} = \frac{1000}{1,73 \cdot 115} = 5,02 \text{ кА.}$$

Определяем сопротивление ЛЭП:

$$x_{\text{лэп}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\text{ср}}^2}, \text{ о.е.} \quad (1.34)$$

$$x_{\text{лэп}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,34 \cdot 5,5 \cdot 1000}{115^2} = 0,14 \text{ о.е.}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-1:

$$I_{\text{к-1}} = \frac{I_{\sigma}}{x_c}, \text{ кА} \quad (1.35)$$

$$I_{\text{к-1}} = \frac{5,02}{0,4} = 12,4 \text{ кА}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-2:

$$I_{\text{к-2}} = \frac{I_{\sigma}}{x_c + x_{\text{лэп}}}, \text{ кА} \quad (1.36)$$

$$I_{\text{к-2}} = \frac{5,02}{0,4 + 0,14} = 9,2 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток:

$$i_{\text{уд1}} = K_{\text{уд}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{к}}, \text{ кА} \quad (1.37)$$

$$i_{\text{уд1}} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 12,4 = 31,4 \text{ кА}$$

$$i_{\text{уд2}} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 9,2 = 23,3 \text{ кА}$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_K = \sqrt{3} \cdot I_K \cdot U_H, \text{ МВА} \quad (1.38)$$

$$S_{K-1} = 1,73 \cdot 12,4 \cdot 115 = 2466 \text{ МВА}$$

$$S_{K-2} = 1,73 \cdot 9,2 \cdot 115 = 183 \text{ МВА}$$

После расчета токов КЗ произведем выбор оборудования.

Выбираем выключатели В1, В2 типа 3APIFG-145/ЕК – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.7 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|---|--|---|
| $U_H = 110 \text{ кВ}$ $I_H = 1600 \text{ А}$ $I_{откл} = 40 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ | $U_p = 110 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 48 \text{ А}$ $I_{к1} = 12,4 \text{ кА}$ $i_{уд1} = 31,4 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$ |

Выбираем горизонтально-поворотные разъединители RUHRTAL фирмы Siemens, типа D BF-145N.

Таблица 1.8 - Технические характеристики разъединителя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|---|---|
| $U_H = 110 \text{ кВ}$ $I_H = 1600 \text{ А}$ $I_{терм.уст.} = 40 \text{ кА}$ $I_{дин.уст.} = 100 \text{ кА}$ | $U_p = 110 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 48 \text{ А}$ $I_{к2} = 9,2 \text{ кА}$ $i_{уд2} = 23,3 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав}$ $I_{терм.уст.} \geq I_{к2}$ $I_{дин.уст.} \geq i_{уд2}$ |

Выбираем выключатели В3, В4 типа 3APIFG-145/ЕК – элегазовый колонковый выключатель, производитель Siemens.

Таблица 1.9 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|---|---|---|
| $U_H = 110 \text{ кВ}$ $I_H = 1600 \text{ А}$ $I_{откл} = 40 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ | $U_p = 110 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 48 \text{ А}$ $I_{к2} = 9,2 \text{ кА}$ $i_{уд2} = 23,3 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав}$ $I_{откл} \geq I_{к2}$ $I_{дин} \geq i_{уд2}$ |

Выбираем ограничители перенапряжения типа REXLIM R120-УН123, $U_H = 110 \text{ кВ}$.

Таблица 1.10 - Стоимость оборудования на напряжение 110 кВ

| Вид оборудования | Количество, шт. | Стоимость, млн. тенге | Суммарная стоимость, млн. тенге |
|------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------|
| ОПН | 4 | 10 | 40 |
| Выключатели | 4 | 40 | 160 |
| Разъединитель | 4 | 20 | 80 |
| Трансформатор | 2 | 100 | 200 |
| ЛЭП | 5,5 | 20 | 86 |

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование.
Суммарные затраты:

$$\Sigma K_I = K_{тр.зпп} + K_{ЛЭП-110} + K_{В1-В4} + K_{разъед.} + K_{ОПН} \quad (1.39)$$

$$\Sigma K_I = 200 + 86 + 160 + 80 + 40 + 86 = 566 \text{ млн.тг.}$$

Суммарные издержки рассчитываются по формуле:

$$\Sigma I_I = I_a + I_{ном} + I_{эксп} \quad (1.40)$$

Амортизационные отчисления:

$$I_a = E_a \cdot \Sigma K \quad (1.41)$$

Для ВЛ-110 кВ на железобетонных опорах $E_a = 0,028$

Для распределителей и подстанций $E_a = 0,063$

Амортизационные отчисления на оборудование:

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

$$I_{a.обор.} = 0,063 \cdot (200 + 160 + 80 + 40) = 30,24 \text{ млн.тг.}$$

Амортизационные отчисления на ЛЭП:

$$I_{a.лэп} = E_{a.лэп} \cdot K_{лэп} = 0,028 \cdot 86 = 2,408 \text{ тыс. тг.}$$

Суммарные амортизационные отчисления:

$$I_a = I_{a.обор.} + I_{a.лэп} = 20 + 0,64 = 32,648 \text{ млн.тг}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{эксп.обор.} = E_{эксп.обор.} \cdot \Sigma K_{обор.} = 0,03 \cdot 480 = 14,4 \text{ млн. тг}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{эксп.лэп} = E_{эксп.лэп} \cdot K_{лэп} = 0,028 \cdot 86 = 2,408 \text{ тыс. тг.}$$

Суммарные эксплуатационные отчисления:

$$I_{эксп} = I_{эксп.обор.} + I_{эксп.лэп} = 14,4 + 2,408 = 16,608 \text{ млн.тг}$$

Стоимость потерь электроэнергии $C_0=14 \text{ мг./кВт}\cdot\text{ч}$

Определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{ном}}=C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр. зпп}} + \Delta W_{\text{ЛЭП-110}}) = 14 \cdot (293920 + 21208) = 4,411 \text{ млн. мг.}$$

Определим суммарные издержки

$$\Sigma I_I = 32,648 + 16,608 + 4,411 = 53,667 \text{ млн. мг.}$$

Приведенные затраты, являющиеся мерой стоимости, определяются по выражению

$$Z_I = E \cdot K_I + I_I = 0,12 \cdot 566 + 53,667 = 121,587 \text{ млн. мг.}$$

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

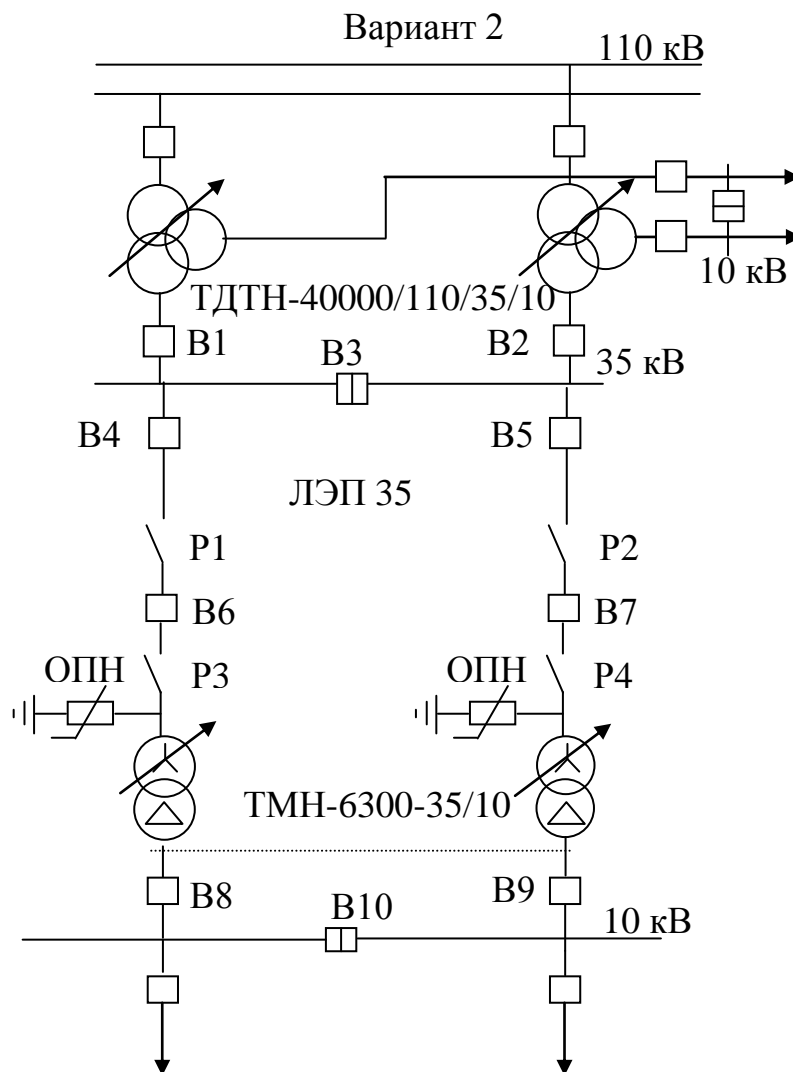


Рисунок 1.5 - Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по II варианту.
 Выбираем трансформаторы ГПП

Принимаем 2 трансформатора 2×6300кВА, Кз=0,8 типа ТМН-6300/35-У1

Таблица 1.11 - Технические характеристики трансформатора

| Тип трансформатора | Напряжение, кВ | | Потери, кВт | | Напряжение кз, % | Ток хх, % |
|--------------------|----------------|----|-------------|------|------------------|-----------|
| | ВН | НН | хх | кз | | |
| ТМН-6300/35 | 35 | 10 | 9,4 | 46,5 | 7,5 | 0,9 |

Трансформаторы силовые, трехфазные, двухобмоточные, с естественной циркуляцией масла, с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН). Автоматическое управление осуществляется от автоматического контроллера поставляемого вместе трансформатором. Предназначены для работы в системах передачи электроэнергии на большие расстояния, обеспечивая при этом минимальные электрические потери в линиях электропередач. Применение трансформатора типа ТМН позволяет обеспечить потребителю надежное электроснабжение в течение всего срока эксплуатации.

Структура условного обозначения ТМН-Х/35-У1

Т- трансформатор трехфазный;

М – Охлаждение масляное с естественной циркуляцией масла и воздуха;

Н – с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН);

Х – номинальная мощность, кВА;

35 – класс напряжения, кВ;

У1– климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150.

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 2 \cdot (9,4 + 46,5 \cdot 0,8^2) = 78,3 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot (0,009 \cdot 6300 + 0,075 \cdot 6300 \cdot 0,8^2) = 718,2 \text{ квар}$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{Т.ГПП} = 2 \cdot (9,4 \cdot 4000 + 46,5 \cdot 2405 \cdot 0,8^2) = 218345 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Выбираем сечение проводов ЛЭП 35 кВ.

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(9206,1 + 78,3)^2 + 2422,3^2} = 9595,1 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{9595,1}{1,73 \cdot 37} = 149 \text{ А}$$

$$I_{\text{р}} = \frac{149}{2} = 74,5 \text{ А}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока (j_0):

$$F_0 = \frac{74,5}{1,1} = 67 \text{ мм}^2.$$

Принимаем стандартное ближайшее сечение $F_0 = 70 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$

б) на нагрев рабочим током

$$I_{\text{доп. пров.}} > I_{\text{р}}, (265 \text{ А} > 74,5 \text{ А})$$

в) по аварийному режиму

$$1,3 \times I_{\text{доп. пров.}} > I_{\text{ав.}}, (334 \text{ А} > 149 \text{ А})$$

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

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 35 кВ:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП35}} = 2 \cdot 3 \cdot 74,5^2 \cdot (0,46 \cdot 5,5) \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 202627 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Выбор трансформаторы энергосистемы.

Выбираем два трансформатора типа ТДТН-40000/110/35/10

Таблица 1.12 - Паспортные данные трансформатора энергосистемы

| Тип трансформатора | Напряжение, кВ | | | Потери, кВт | | Напряжение кз, % | | | Ток хх, % |
|----------------------|----------------|------|----|-------------|-----|------------------|-------|-------|-----------|
| | ВН | СН | НН | хх | кз | ВН-СН | ВН-НН | СН-НН | |
| ТДТН-40 000/110/35/6 | 115 | 38,5 | 11 | 35 | 200 | 10,5 | 17,5 | 6,5 | 0,3 |

Трансформатор силовой, трехфазный, трехобмоточный, с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха, с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН), с диапазоном регулирования $\pm 9 \times 1,78\%$ со стороны ВН, с переключением ответвлений без возбуждения (ПБВ), с диапазоном регулирования $\pm 2 \times 2,5\%$ со стороны СН. Автоматическое управление осуществляется от автоматического контролера поставляемого вместе с трансформатором. Применение трансформатора типа ТДТН - обеспечить потребителю надежное электроснабжение в течение всего срока эксплуатации.

Структура условного обозначения ТДТН-Х/110/35-У1

Т–трансформатор трехфазный;

Д – с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха;

Т–трехобмоточный;

Н – с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН);

Х – номинальная мощность, кВА;

110 –класс напряжения, кВ;

35– класс напряжения, кВ;

У1– климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150.

Найдем γ_1 – коэффициент долевого участия проектируемого предприятия в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{л\acute{e}п_{35}}}{2 \cdot S_{ном.тр.сист.}} \quad (1.42)$$

$$\gamma_1 = \frac{9595,1}{2 \cdot 40\,000} = 0,1$$

Найдем потери электроэнергии в трансформаторах энергосистемы:

$$\Delta W_{тр.сист} = 2 \cdot (43 \cdot 4000 + 200 \cdot 2405 \cdot 0,1^2) = 353620 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Выбор оборудования на $U=35$ кВ.

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (см. рисунок 1.6) и рассчитаем ток короткого замыкания.

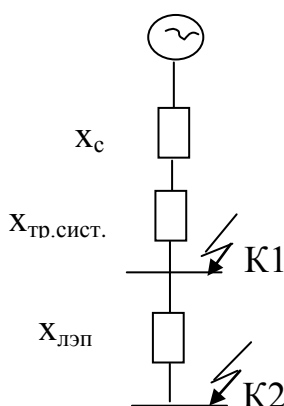


Рисунок 1.6 - Схема замещения

Принимаем $S_{\delta} = 1000 \text{ МВА}$; $U_{\delta} = 37 \text{ кВ}$; $x_c = 0,4 \text{ о.е.}$

Определяем базисный ток:

$$I_{\sigma} = \frac{1000}{1,73 \cdot 37} = 15,6 \text{ кА.}$$

Определяем сопротивление трансформатора системы:

$$x_{тр.сист.} = \frac{U_{вс} \cdot S_{\sigma}}{100 \cdot S_{ном.тр.сист.}}, o.e. \quad (1.43)$$

$$x_{тр.сист.} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,63 o.e.$$

Определяем сопротивление ЛЭП:

$$x_{лэп} = \frac{0,32 \cdot 5,5 \cdot 1000}{37^2} = 1,28 o.e.$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-1:

$$I_{к-1} = \frac{15,6}{0,4 + 2,63} = 5,1 \text{ кА}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-2:

$$I_{к-2} = \frac{15,6}{0,4 + 2,63 + 1,28} = 3,6 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток в точках К-1 и К-2:

$$i_{y\sigma 1} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 5,1 = 12,9 \text{ кА}$$

$$i_{y\sigma 2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 3,6 = 9,1 \text{ кА}$$

Мощность короткого замыкания в точках К-1 и К-2:

$$S_{K-1} = 1,73 \cdot 5,1 \cdot 37 = 326 \text{ МВА}$$

$$S_{K-2} = 1,73 \cdot 3,6 \cdot 37 = 230 \text{ МВА}$$

После расчета токов КЗ произведем выбор оборудования.

Выключатели В1, В2 выбираем по аварийному току трансформаторов системы. Найдем ток, проходящий через выключатели В1 и В2:

$$I_{ав.В1,В2} = \frac{S_{ном.тр.сист.}}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}, A \quad (1.44)$$

$$I_{ав.В1,В2} = \frac{40000}{1,73 \cdot 37} = 624 A$$

Выбираем выключатели В1,В2 типа 3АPIFG-38 – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.13 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|---|---|
| $U_H = 35$ кВ $I_H = 1600$ А $I_{откл} = 31,5$ кА $I_{дин} = 82$ кА | $U_p = 35$ кВ $I_{ав.В1,В2} = 624$ А $I_{к1} = 5,1$ кА $i_{уд1} = 12,1$ кА | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав.тр.сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$ |

Найдем ток, проходящий через выключатель В3:

$$I_{pВ3} = \frac{I_{авВ1,В2}}{2} = \frac{624}{2} = 312 A$$

Выбираем выключатели В1,В2 типа 3АPIFG-38 – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.14 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|--|--|
| $U_H = 35$ кВ $I_H = 1600$ А $I_{откл} = 31,5$ кА $I_{дин} = 82$ кА | $U_p = 35$ кВ $I_{pВ3} = 312$ А $I_{к1} = 5,1$ кА $i_{уд1} = 12,1$ кА | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{р.тр.сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$ |

Определим коэффициенты долевого участия проектируемого предприятия в протекании тока в выключателях В1, В2, В3:

$$\gamma_2 = \frac{I_{ав}}{I_{ном.выкл.}} = \frac{149}{1200} = 0,12$$

$$\gamma_3 = \frac{I_p}{I_{ном.выкл.}} = \frac{74,5}{1200} = 0,06$$

Выключатели В4-В7 выбираем по аварийному току предприятия: $I_{ав.} = 120,2$ А.

Выбираем выключатели В1,В2 типа 3APIFG-38 – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.15 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|--|---|
| $U_n=35$ кВ $I_n=1600$ А $I_{откл}=31,5$ кА $I_{дин}=82$ кА | $U_p=35$ кВ $I_{ав}=120,2$ А $I_{к2}=3,6$ кА $i_{уд2}=9,1$ кА | $U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав.тр сист}$ $I_{откл} \geq I_{к2}$ $I_{дин} \geq i_{уд2}$ |

Выбираем горизонтально-поворотные разъединители RUHRTAL фирмы Siemens, типа D BF-38N.

Таблица 1.16 - Технические характеристики разъединителя

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|--|---|
| $U_n=35$ кВ $I_n=1000$ А $I_{терм.уст.}=65$ кА $I_{дин.уст.}=25$ кА | $U_p=35$ кВ $I_{ав}=149$ А $i_{уд2}=9,1$ кА $I_{к2}=3,6$ кА | $U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $I_{терм.уст.} \geq I_{к2}$ $I_{дин.уст.} \geq i_{уд2}$ |

Выбираем ограничители перенапряжения типа REXLIM R072-УН123, $U_n=35$ кВ.

Таблица 1.17 - Стоимость оборудования на напряжение 35 кВ

| Вид оборудования | Количество, шт. | Стоимость, млн. тенге | Суммарная стоимость, млн. тенге |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------|
| ОПН | 2 | 8 | 16 |
| Выключатели | 4 | 35 | 140 |
| Разъединитель | 4 | 15 | 60 |
| Трансформатор | 2 | 80 | 160 |
| Трансформатор энергосистемы | 2 | 500 | 1000 |
| Выключатели энергосистемы | 2 | 35 | 70 |
| Секционный выключатель энергосистемы | 1 | 35 | 35 |
| ЛЭП | 5,5 | 15 | 82,5 |

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:

$$\Sigma K_{II} = K_{B4-B7} + K_{ЛЭП-35} + K_{разъед.} + K_{ОПН} + K_{тр.зпп} + \gamma_1 K_{тр.суст.} + \gamma_2 K_{B1-B2} + \gamma_3 K_{B3},$$

$$\Sigma K_{II} = 140 + 82,5 + 60 + 16 + 160 + 0,1 \cdot 400 + 0,12 \cdot 70 + 0,06 \cdot 35 = 569 \text{ млн. тг.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$I_{a.обор.} = E_{a.обор.} \times \Sigma K_{обор.} = E_{a.обор.} \times (K_{B4-B7} + K_{разъед} + K_{ОПН} + K_{тр.зпп} + K_{тр.суст.} + K_{B1-B2} + K_{B3})$$

$$I_{a.обор.} = 0,063 \cdot 486,5 = 30,649 \text{ млн.тг.}$$

Амортизационные отчисления на ЛЭП:

$$I_{a.лэн} = E_{a.лэн} \cdot K_{лэн} = 0,028 \cdot 82,5 = 2,31 \text{ млн.тг.}$$

Суммарные амортизационные отчисления:

$$I_a = I_{a.обор.} + I_{a.лэн} = 30,649 + 2,31 = 32,959 \text{ млн.тг.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{экспл.обор.} = E_{экспл.обор.} \cdot \Sigma K_{обор.} = 0,03 \cdot 486,5 = 14,595 \text{ млн.тг.}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экспл.лэн} = E_{экспл.лэн} \cdot K_{лэн} = 0,028 \cdot 82,5 = 2,31 \text{ млн.тг.}$$

Суммарные издержки на эксплуатацию:

$$I_{экспл} = I_{экспл.обор.} + I_{экспл.лэн} = 14,595 + 2,31 = 16,905 \text{ млн. тг}$$

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

Определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{пот} = C_o (\Delta W_{тр. зпп} + \Delta W_{ЛЭП-35} + \Delta W_{тр. сист})$$

$$I_{пот} = 14 \cdot (218345 + 202627 + 353620) = 10,844 \text{ млн.тг.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\Sigma I_{II} = 32,959 + 16,905 + 10,844 = 60,708 \text{ млн.тг.}$$

Приведенные затраты, являющиеся мерой стоимости, определяются по выражению:

$$Z_{II} = 0,12 \cdot 569 + 60,708 = 128,988 \text{ млн.тг.}$$

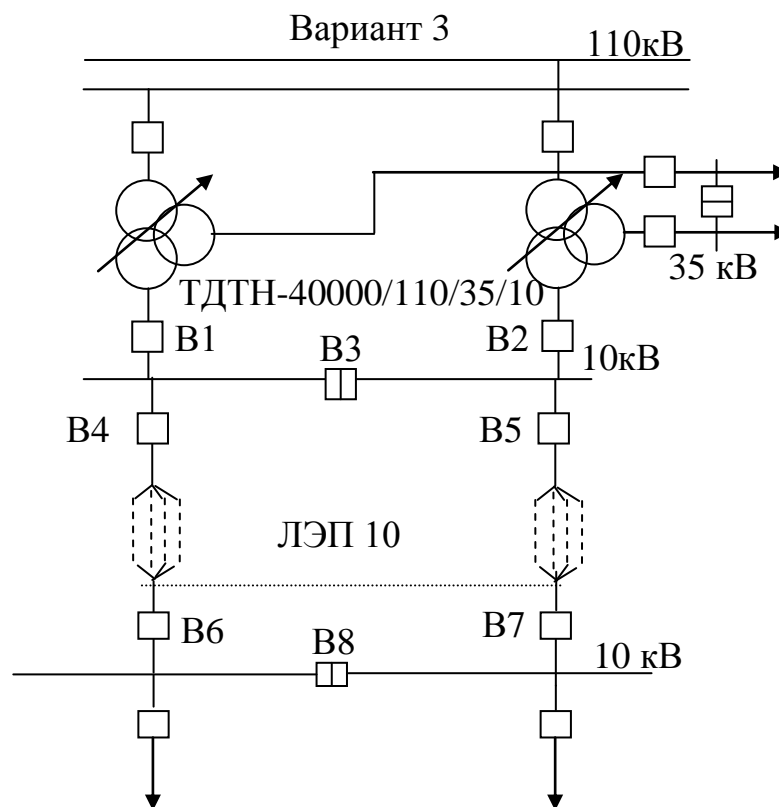


Рисунок 1.7 - Третий вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по III варианту.

1) Выберем сечение ЛЭП-10 кВ

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{9206,1^2 + 2422,3^2} = 9519,4 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{9519,4}{1,73 \cdot 10,5} = 524 \text{ А}$$

$$I_p = \frac{524}{2} = 262 \text{ А}$$

Выбираем сечение проводов ЛЭП 10 кВ

а) Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_э = \frac{262}{1,1} = 238 \text{ мм}^2$$

Так как для ЛЭП 10 кВ максимальное сечение 120 мм^2 , то принимаем $F = 2 \times 120 = 240 \text{ мм}^2 > 238 \text{ мм}^2$ [3].

Принимаем провод типа 2АС-120, $I_{\text{доп}} = 760 \text{ А}$

б) Проверим провод по пропускной способности:

$$I_{\text{доп. пров.}} \geq I_p, \quad (760 \text{ A} > 262 \text{ A})$$

в) Проверим провод по аварийному режиму

$$1,3 \times I_{\text{доп. пров.}} > I_{\text{ав.}}, \quad (988 \text{ A} > 524 \text{ A})$$

Определим потери электроэнергии в ЛЭП-10 кВ:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП10}} = 2 \cdot 3 \cdot 262^2 \cdot 0,74 \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 732994 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

где $r_0 = 0,27 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС-120

$$R = r_0 \cdot \frac{l}{N} = 0,27 \cdot \frac{5,5}{2} = 0,74 \text{ Ом}$$

По конструктивному исполнению и по потерям электроэнергии рассмотрение этого варианта не целесообразно.

Таблица 1.18

| Варианты | U _н , кВ | K _Σ , млн.тг. | И _Σ , млн.тг. | З _Σ , млн.тг. |
|----------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| I | 110 | 566 | 53,667 | 121,587 |
| II | 35 | 569 | 60,708 | 128,988 |

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

1.7 Расчет токов короткого замыкания напряжением выше 1 кВ

Для расчета токов короткого замыкания составим схему замещения с учетом подпитки от СД (см. рисунок 1.8).

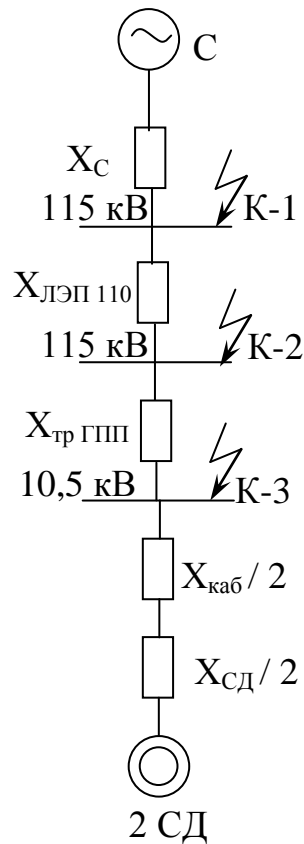


Рисунок 1.8 - Схема замещения электроснабжения ГПП

Принимаем $S_{\sigma}=1000$ МВА, $U_{\sigma}=10,5$ кВ, $x_c=0,4$ о.е.
 Определяем базисный ток:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}U_{\sigma}}, \text{ кА} \quad (1.45)$$

$$I_{\sigma} = \frac{1000}{1,73 \cdot 10,5} = 55,05 \text{ кА}$$

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

$$x_{лэн} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{cp}^2} = \frac{0,34 \cdot 5,5 \cdot 1000}{115^2} = 0,14 \text{ о.е.}$$

$$x_{mp. ГПП} = \frac{U_{кз} \cdot S_{\sigma}}{100 \cdot S_{шт}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 6,3} = 16,6 \text{ о.е.}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-3:

$$I_{K-3} = \frac{I_{\sigma}}{x_c + x_{ЛЭП} + x_{mp. ГПП}}, \text{кА} \quad (1.46)$$

$$I_{K-3} = \frac{55,05}{0,4 + 0,14 + 16,6} = 3,2 \text{ кА}$$

Рассчитаем ток подпитки от СД.

В компрессорной установлено 4 синхронных двигателя типа СДН-16-41-20 со следующими характеристиками: $P_n = 630$ кВт, $U_n = 10,5$ кВ, $n = 300$ об/мин, $\eta = 93,2\%$.

Находим полную мощность СД:

$$S_{n \text{ СД}} = \frac{P_{n \text{ СД}}}{\cos \varphi}, \text{кВА} \quad (1.47)$$

$$S_{n \text{ СД}} = \frac{630}{0,9} = 700 \text{ кВА}$$

Определяем расчетный ток СД:

$$I_{СД} = \frac{S_{n \text{ СД}} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{А} \quad (1.48)$$

$$I_{СД} = \frac{700 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 10,5} = 32,7 \text{ А}$$

Выбираем марку и сечения кабеля к СД.

а) по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{32,7}{1,4} = 23 \text{ мм}^2$$

б) по минимальному сечению:

$$F_{\text{э. min}} = \alpha \cdot I_{K3} \cdot \sqrt{t_{привед}} = 12 \cdot 3,2 \cdot \sqrt{0,8} = 36 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель маркой ААШВ-10-(3х50), $I_{доп} = 140 > 32,7$ А.
 Данные кабеля: $r_0 = 0,447$ Ом/км; $x_0 = 0,08$ Ом/км.

$$x_{каб.СД} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\bar{b}}}{2 \cdot U_{cp}^2} = \frac{0,08 \cdot 5 \cdot 1000}{2 \cdot 10,5^2} = 2 \text{ о.е.}$$

$$x_{СД} = \frac{x_d'' \cdot S_{\bar{b}}}{\sum S_{н СД}} = \frac{0,2 \cdot 1000}{2 \cdot 0,7} = 142 \text{ о.е.}$$

Тогда ток короткого замыкания от двигателей будет равен:

$$I_{кзСД} = \frac{E_{СД} \cdot I_{\bar{b}}}{x_{\text{экв.}}}, \text{кА} \quad (1.49)$$

где $E_{СД} = E'' \cdot \frac{U_H}{U_B} = 1,1 \cdot \frac{10}{10,5} = 1,05$ [3]

$$I_{кзСД} = \frac{1,05 \cdot 55,05}{2 + 142} = 0,4 \text{кА}$$

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

$$\sum I_{КЗ} = I_{К-3} + I_{кзСД} = 3,2 + 0,4 = 3,6 \text{кА}$$

Ударный ток в точке К-3:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{\sum КЗ} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 3,6 = 9,1 \text{кА}$$

Мощность КЗ:

$$S_{КЗ\Sigma} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot \sum I_{КЗ} = 1,73 \cdot 10,5 \cdot 3,6 = 65,39 \text{МВА.}$$

1.8 Выбор оборудования

Выбор выключателей

Выбор вводных и секционных выключателей:

$$S_{p.зав.} = \sqrt{9206,1^2 + 2422,3^2} = 9519,4 \text{кВА}$$

Расчетный ток:

$$I_{p.зав.} = \frac{S_{p.зав.}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, A \quad (1.50)$$

$$I_{p.зав.} = \frac{9519,4}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 262 A$$

Аварийный ток:

$$I_{ав.} = 2 \cdot I_{p.зав.}, A \quad (1.51)$$

$$I_{ав.} = 2 \cdot 262 = 524 A.$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.19 - Технические характеристики выключателя

| | Вводные выключатели | | Секционный выключатель | |
|-----------------|---------------------------|------------|------------------------|------------|
| | Расчетные | Паспортные | Расчетные | Паспортные |
| U_H , кВ | 10 | 10 | 10 | 10 |
| I_H , А | 524 | 800 | 262 | 800 |
| $I_{отк.}$, кА | 3,6 | 16 | 3,6 | 16 |
| $I_{дин.}$, кА | 9,1 | 40 | 9,1 | 40 |
| Привод | Моторный пружинный привод | | | |

Выбор выключателей отходящих линий:

Магистраль ГПП-ТП1-ТП2:

$$S_{pТП,2} = \sqrt{(2942,9 + 43,28)^2 + (1067,9 + 206,92)^2} = 3246,9 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{3246,9}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 89,3 A$$

$$I_{ав} = 2 \times 89,3 = 178,6 A$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.20 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_n = 10 \text{ кВ}$ $I_n = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 178,6 \text{ А}$ $I_{кз} = 3,6 \text{ кА}$ $i_{уд} = 9,1 \text{ кА}$ $W = (3,6)^2 \cdot 0,12 = 1,55 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Моторный пружинный привод | |

Магистраль ГПП-ТПЗ-ТП4:

$$S_{рТПЗ,4} = \sqrt{(2714,8 + 40,3)^2 + (1256,9 + 193,49)^2} = 3113,5 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{3113,5}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 85,7 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 2 \times 85,7 = 171,4 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.21 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_n = 10 \text{ кВ}$ $I_n = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 178,6 \text{ А}$ $I_{кз} = 3,6 \text{ кА}$ $i_{уд} = 9,1 \text{ кА}$ $W = (3,6)^2 \cdot 0,12 = 1,55 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Моторный пружинный привод | |

Линия ГПП-ТП5:

$$S_{рТП5} = \sqrt{(1304,3 + 18,56)^2 + (502,5 + 89,58)^2} = 1449,3 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{1449,3}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 39,8 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 2 \times 39,8 = 79,6 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.22 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 178,6 \text{ А}$ $I_{кз} = 3,6 \text{ кА}$ $i_{уд} = 9,1 \text{ кА}$ $W = (3,6)^2 \cdot 0,12 = 1,55 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Моторный пружинный привод | |

Линия ГПП-СД:

$$S_{рСД} = \frac{630}{0,9} = 700 \text{ кВА}$$

$$I_{сд} = \frac{700 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 32,7 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.23 - Технические характеристики выключателя

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 178,6 \text{ А}$ $I_{кз} = 3,6 \text{ кА}$ $i_{уд} = 9,1 \text{ кА}$ $W = (3,6)^2 \cdot 0,12 = 1,55 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Моторный пружинный привод | |

Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

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

а) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 1.24 - Измерительные приборы

| Прибор | Тип | А, ВА | В, ВА | С, ВА |
|--------|----------|-------|-------|-------|
| А | 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 типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.25 - Технические характеристики трансформатора тока

| Расчетные величины | По каталогу |
|--------------------|-------------------|
| $U_H = 10$ кВ | $U_H = 10$ кВ |
| $I_{ав} = 524$ А | $I_H = 800$ А |
| $i_{уд} = 9,1$ кА | $I_{дин} = 81$ кА |
| $S_{2p} = 10,4$ ВА | $S_{2H} = 20$ ВА |

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

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

Сопротивление приборов определяется по формуле:

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

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

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

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$R_{доп.пров} = R_{2н} - R_{приб} - R_{к-тов} = 1,2 - 0,26 - 0,1 = 0,84 \text{ Ом}.$$

$$q_{пров} = \frac{\rho \cdot l}{R_{доп.пров}} = \frac{0,028 \cdot 5}{0,84} = 0,16 \text{ мм}^2.$$

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

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

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

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

Выбираем трансформатор тока на секционном выключателе шин ГПП типа ТОЛ-10УЗ, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.26 - Измерительные приборы

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

Таблица 1.27 - Технические характеристики трансформатора тока

| Расчетные величины | По каталогу |
|----------------------------------|----------------------------------|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ | $U_H = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ав}} = 262 \text{ А}$ | $I_H = 400 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}} = 9,1 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$ |
| $S_{2\text{р}} = 4,4 \text{ ВА}$ | $S_{2\text{н}} = 10 \text{ ВА}$ |

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

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

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

$$R_{\text{доптр}} = R_{2\text{н}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{кон}} = 0,4 - 0,02 - 0,1 = 0,28 \text{ Ом}$$

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

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

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

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

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

Таблица 1.28

| 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 |

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

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

$$R_{\text{доп.пров}} = R_{2\text{н}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{к-тов}} = 0,4 - 0,22 - 0,1 = 0,08 \text{ Ом}.$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot L}{R_{\text{доп.пров}}} = \frac{0,028 \cdot 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2; \text{ принимаем кабель АКРТВ; } F=2,5 \text{ мм}^2;$$

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

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

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

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2): $I_{\text{ав}}=178,6 \text{ А};$

Выбираем трансформатор тока типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.29 - Технические характеристики трансформатора тока

| Расчетные величины | По каталогу |
|----------------------------------|---------------------------------|
| $U_{\text{н}}= 10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{н}}= 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ав}}= 178,6 \text{ А}$ | $I_{\text{н}}= 200 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}}= 9,1 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}}= 52 \text{ кА}$ |
| $S_{2\text{р}}= 9,4 \text{ ВА}$ | $S_{2\text{н}}= 10 \text{ ВА}$ |

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП3-ТП4): $I_{\text{ав}}=171,4 \text{ А}.$

Выбираем трансформатор тока типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.30 - Технические характеристики трансформатора тока

| Расчетные величины | По каталогу |
|--------------------|-------------------|
| $U_H = 10$ кВ | $U_H = 10$ кВ |
| $I_{ав} = 171,4$ А | $I_H = 200$ А |
| $i_{уд} = 9,1$ кА | $I_{дин} = 52$ кА |
| $S_{2p} = 9,4$ ВА | $S_{2H} = 10$ ВА |

Трансформатор тока на линии ГПП-ТП5: $I_{ав} = 79,6$ А.

Выбираем трансформатор тока типа ТОЛ-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.31 - Технические характеристики трансформатора тока

| Расчетные величины | По каталогу |
|--------------------|-------------------|
| $U_H = 10$ кВ | $U_H = 10$ кВ |
| $I_{ав} = 79,6$ А | $I_H = 100$ А |
| $i_{уд} = 9,1$ кА | $I_{дин} = 52$ кА |
| $S_{2p} = 9,4$ ВА | $S_{2H} = 10$ ВА |

Трансформаторов тока на линии ГПП-СД: $I_p = 32,7$ А.

Выбираем трансформатор тока типа ТОЛ-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.32 - Технические характеристики трансформатора тока

| Расчетные величины | По каталогу |
|--------------------|-------------------|
| $U_H = 10$ кВ | $U_H = 10$ кВ |
| $I_p = 32,7$ А | $I_H = 100$ А |
| $i_{уд} = 9,1$ кА | $I_{дин} = 52$ кА |
| $S_{2p} = 9,4$ ВА | $S_{2H} = 10$ ВА |

Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

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

Таблица 1.33 - Измерительные приборы

| Прибор | Тип | $S_{об-ки}$, ВА | Число об-к | $\cos\varphi$ | $\sin\varphi$ | Число приборов | $P_{общ}$, Вт | Q_{Σ} , вар |
|--------|----------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| V | Э-335 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 8 | - |
| W | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | - |
| Var | И-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | - |
| Wh | СА3-И681 | 3 Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 6 | 36 | 87,5 |
| Varh | СР4-И689 | 3 вар | 2 | 0,38 | 0,925 | 6 | 36 | 87,5 |
| Итого | | | | | | | 86 | 175 |

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ ВА} \quad (1.52)$$

$$S_{2p} = \sqrt{86^2 + 175^2} = 195 \text{ ВА}$$

Принимаем ТН типа НАМИТ-10У3 [11].

Таблица 1.34 - Технические характеристики трансформатора напряжения

| | |
|---|---------------------------|
| $U_{HT} = 10 \text{ кВ}$ | $U_{HT} = 10 \text{ кВ}$ |
| $S_{H2} = 300 \text{ кВА}$ | $S_{p2} = 195 \text{ ВА}$ |
| Схема соединения обмоток $Y^{\circ}/Y^{\circ}/\Delta_1-0$ | |

Выбор выключателей нагрузки

ТП1,2 $I_p = 89,3 \text{ А}$; ТП3,4 $I_p = 85,7 \text{ А}$; ТП5 $I_p = 39,8 \text{ А}$

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

Таблица 1.35 - Технические характеристики выключателя нагрузки

| Расчетные | Паспортные |
|----------------------------------|---------------------------|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ | $U_H = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{расч} = 39,8-89,3 \text{ А}$ | $I_H = 400 \text{ А}$ |
| $I_K = 3,9 \text{ кА}$ | $I_{отк} = 10 \text{ кА}$ |

Выбор силовых кабелей отходящих линий

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

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

Выбираем кабель ГПП-ТП1-ТП2:

$$S_{pГПП,2} = \sqrt{(2942,9 + 43,28)^2 + (1067,9 + 206,92)^2} = 3246,9 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{3246,9}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 89,3 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 2 \times 89,3 = 178,6 \text{ А}$$

а) по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{89,3}{1,4} = 63 \text{ мм}^2$$

где $j_{\text{эк}} = 1,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ - экономическая плотность тока.

Принимаем кабель марки ААШв-10-(3×70), $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$ [5.8];

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

$$F_{\text{э. min}} = \alpha \cdot I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{привед}}} \text{ мм}^2. \quad (1.53)$$

$$F_{\text{э. min}} = 12 \cdot 3,6 \cdot \sqrt{0,8} = 38 \text{ мм}^2$$

принимаем окончательно кабель ААШв-10-(3×70), $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$;

в) проверка по аварийному току:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times 165 = 214,5 \text{ А} \geq 178,6 \text{ А};$$

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

$$I_p / K_{\text{попр}}$$

$$I_{\text{доп}} > I_p / K_{\text{попр}}, \text{ А}, (165 \text{ А} > 111,6 \text{ А}).$$

Условия выполняются, тогда окончательно принимаем кабель марки ААШв-10-(3×70), с $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$.

Все расчетные данные выбора остальных кабелей занесены в таблицу 1.36 – Кабельный журнал.

Таблица 1.36 - Кабельный журнал

| Наименование участка | Sp, кВА | Кол-во кабелей в траншее | Нагрузка | | По экономической плотности тока, мм ² | | По допустимой нагрузке, мм ² | | По току короткого замыкания, мм ² | | Выбранный кабель | Iдоп, А |
|----------------------|---------|--------------------------|----------|--------|--|----|---|------|--|----|------------------|---------|
| | | | Ip, А | Iав, А | jэ | Fэ | Kп | Fдоп | Iк, А | S | | |
| ГПП-ТП1-ТП2 | 3246,9 | 4 | 89,3 | 178,6 | 1,4 | 63 | 0,8 | 50 | 3,6 | 70 | ААШВ-10-(3×70) | 165 |
| ГПП-ТП3-ТП4 | 3113,5 | 6 | 85,7 | 171,4 | 1,4 | 61 | 0,75 | 50 | 3,6 | 70 | ААШВ-10-(3×70) | 165 |
| ГПП-ТП5 | 1449,3 | 4 | 39,8 | 79,6 | 1,4 | 28 | 0,8 | 35 | 3,6 | 70 | ААШВ-10-(3×70) | 165 |
| ТП1-ТП2 | 1623,45 | 2 | 44,65 | 89,3 | 1,4 | 31 | 0,9 | 35 | 3,6 | 70 | ААШВ-10-(3×70) | 165 |
| ТП3-ТП4 | 1556,75 | 2 | 42,85 | 85,7 | 1,4 | 30 | 0,9 | 35 | 3,6 | 70 | ААШВ-10-(3×70) | 165 |
| ГПП-СД | 700 | 6 | 32,7 | - | 1,4 | 23 | 0,75 | 35 | 3,6 | 70 | 4ААШВ-10-(3×70) | 165 |

Выбор шин ГПП.

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

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-50×6; $I_{доп} = 850$ А (одна полоса на фазу), $I_{ав} = 524$ А; $i_{уд} = 9,1$ кА [5]

а) $I_{доп} \geq I_{ав}$ (850 А > 524 А);

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

$$F_{э.мин} = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t_{привед}} < F_n \text{ мм}^2. \quad (1.54)$$

$$F_{э.мин} = 12 \cdot 3,6 \cdot \sqrt{1} = 43 < 300 \text{ мм}^2$$

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

$$f = \frac{1,75 \cdot 10^{-2} \cdot i_{уд}^2 \cdot l}{a}, \text{ кгс}; \quad (1.55)$$

$$f = \frac{1,75 \cdot 10^{-2} \cdot 9,1^2 \cdot 50}{100} = 0,74 \text{ кгс}$$

$$\sigma_{расч} = \frac{f \cdot l^2}{10 \cdot W}, \text{ кгс} \quad (1.56)$$

$$\sigma_{расч} = \frac{0,74 \cdot 50}{10 \cdot 4,8} = 38,5 \text{ кгс}$$

$$W = 0,167 \cdot b \cdot h^2, \text{ см}^3 \quad (1.57)$$

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

где l – расстояние между изоляторами;

a – расстояние между фазами;

b – толщина одной полосы;

h – ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы.

Выбор изоляторов.

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

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

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

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

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

$F_{разр}$ – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot i^2 \cdot l}{a}, \text{ кгс.} \quad (1.58)$$
$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot 9,1^2 \cdot 50}{100} = 7,1 \text{ кгс}$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-10-500У1, $F_{разруш} = 500$ кгс [8].

$$F_{доп} = 0,6 \times F_{разруш} = 0,6 \times 500 = 300 \text{ кгс. } (> 7,1 \text{ кгс}),$$

Условие выполняется.

2 Эксплуатация электрооборудования распределительного устройства

Распределительное устройство предназначено для:

- приёма, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока промышленной частоты 50 и 60 Гц в сетях электроснабжения промышленных, нефтегазодобывающих предприятий и других объектов с глухо-заземленной или изолированной нейтралью;
- размещения коммутационных аппаратов, сборных и соединительных шин, вспомогательных устройств (компрессорных, аккумуляторных и др.), а также устройств защиты, автоматики, телемеханики, связи и измерений.

Комплектное распределительное устройство типа SIMOSEC

Устройство SIMOSEC представляет собой современное комплектное распределительное устройство, в котором органично сочетаются ячейки с воздушной изоляцией на базе вакуумных выключателей выдвижного типа (рисунок 2.1). Это КРУ заводской готовности, не требующее после монтажа на месте эксплуатации каких-либо настроечных или наладочных работ, а также работ с элегазом. КРУ предназначено для внутренней установки в помещениях распределительных подстанций промышленных и энергетических предприятий. Ячейки соединяются медными шинами.



Рисунок 2.1 - Комплектное распределительное устройство типа SIMOSEC

Вакуумный силовой выключатель

Вакуумные силовые выключатели Сименс представляют собой трёхфазные силовые выключатели, предназначенные для работы внутри помещений. Электромоторный привод вакуумного силового выключателя использует принцип запасенной энергии пружины. Оборудован также системой ручного включения/отключения.

Кабельный отсек имеет доступ с фронтальной стороны ячейки (снизу). Крышка кабельного отсека не может быть открыта при незаземленном фидере.

Конструкция корпуса распреустройства.

Корпус ячеек изготовлен из листовой оцинкованной стали с порошковым напылением краски на основе эпоксидного компаунда.

Емкостная система индикации напряжения

Ячейки могут быть снабжены емкостной системой индикации. Индикаторы подключаются к испытательным гнездам, расположенных на передней панели.

Силовые выключатели данного типа обеспечивают быстрое и надёжное гашение дуги при самых неблагоприятных условиях. Вакуумные силовые выключатели не требуют постоянного технического обслуживания, как распространённые в своё время масляные и маломасляные силовые выключатели. Как правило, силовые устройства с вакуумной дугогасящей средой надёжно и безаварийно работают в течение всего установленного производителем срока эксплуатации. Элегазовая среда обеспечивает дополнительную защиту при аварийных режимах.

Вакуумный выключатель типа ЗАН5 стационарно смонтирован в полностью герметичном цельносварном резервуаре из нержавеющей стали, заполненном элегазом. Вакуумный выключатель типа ЗАН5 отличается высокой надёжностью. ЗАН5 подходит для множества стандартных задач, не требует специфического сервисного обслуживания.

Безопасность в обслуживании.

Полная защита от прикосновения к токоведущим частям, закрытым металлическим заземленным корпусом, а также изоляция сборных шин полимерным покрытием, дугостойкость резервуаров из нержавеющей стали и отсека кабельных присоединений, применение специальных блокировок, обеспечивающих невозможность ошибочных коммутаций и исключающих попадание под напряжение эксплуатационного персонала. Силовые выключатели с вакуумной дугогасящей средой и элегазовой изоляцией обеспечивают надёжную коммутацию и не требуют трудоёмкого обслуживания.

Эксплуатация высоковольтных выключателей.

1 Персонал, обслуживающий выключатели, должен знать устройство и принцип действия аппарата, знать и выполнять требования настоящей инструкции.

2 Все сведения о неисправностях, обнаруженных во время работы выключателя, необходимо записывать в Журнал дефектов и сообщать мастеру МП РЭС, а сведения об отключении коротких замыканий – в Журнал автоматических отключений.

3 За время эксплуатации обслуживающий персонал обязан:

- следить за тем, чтобы рабочее напряжение и ток нагрузки выключателя не превышали величин указанных в таблице 1;

- следить за уровнем масла в полюсах выключателя и отсутствием течей масла;

- не допускать в помещении распределительного устройства скопление пыли.

4 После отключения короткого замыкания выключатель должен быть осмотрен. При этом проверяется отсутствие выброса масла через жалюзи маслоотделителя. Значительный выброс масла свидетельствует о ненормальном отключении короткого замыкания, выключатель должен быть выведен из работы и осмотрен. Если после отключения короткого замыкания отмечено потемнение масла в масломерном стекле, масло в выключателе следует заменить. Внимательно осматриваются тяги, проходные и опорные изоляторы обращается внимание на отсутствие трещин и степень загрязнения фарфора, в необходимых случаях производится протирка изоляции после вывода выключателя из работы.

5 Для поддержания выключателя в работоспособном состоянии в течении всего периода эксплуатации установлены следующие виды технического обслуживания:

- периодический осмотр;

- текущий ремонт;

- средний ремонт;

- капитальный ремонт;

- внеплановый ремонт.

6 Периодический осмотр должен производиться не реже одного раза в месяц.

При осмотрах проверяется отсутствие ненормального нагрева выключателя; признаками нагрева является едкий специфический запах горелой изоляции вследствие обугливания нижнего и верхнего бакелитовых цилиндров и камеры, а также перегрева масла. При этом темнеет также масло в масломерном стекле. Особое внимание следует уделять контролю нагрева выключателя при больших нагрузках и высокой температуре окружающего воздуха.

7 Текущий ремонт выключателя должен производиться 1 раз в год.

8 При текущем ремонте необходимо производить следующие работы:

- проверка состояния и подтяжка болтовых соединений, в том числе и контактных;

- проверка работы кинематики приводного механизма и привода;

- подтяжка или замена уплотняющих прокладок.

9 Средний ремонт выключателя производится через 3-4 года после капитального. При этом выполняется комплекс работ в объеме текущего ремонта и дополнительно к этому замеряется переходное сопротивление полюсов, скоростные и механические характеристики. Если измеренные характеристики имеют отклонения, производится разборка и регулировка выключателя и высоковольтные испытания в полном объеме.

10 Внеочередной ремонт производится после отключения 6 коротких замыканий. При этом целесообразно сохранить предыдущую регулировку.

Кроме того, после выполнения 450 отключений токов, близких к номинальным токам необходимо производить замену масла, частичную замену контактов - через 900 отключений, полную замену контактов к камер - через 1800 отключений токов близких к номинальному.

11 Капитальный ремонт производится с периодичностью 1 раз в 8 лет. В объем капитального ремонта входят:

- общий осмотр, отсоединение шин, снятие основных цилиндров с рамы;
- осмотр и ремонт приводного механизма;
- осмотр и ремонт дугогасительных устройств и контактной системы;
- регулировка выключателя;
- присоединение шин, покраска, испытания выключателя;
- оформление документации.

Устройство и работа выключателя.

Принцип работы выключателя основан на гашении электрической дуги, возникающей между контактами, в вакууме. Ввиду высокой электрической прочности вакуумного промежутка и отсутствия среды, поддерживающей горение дуги, время горения дуги минимальное.

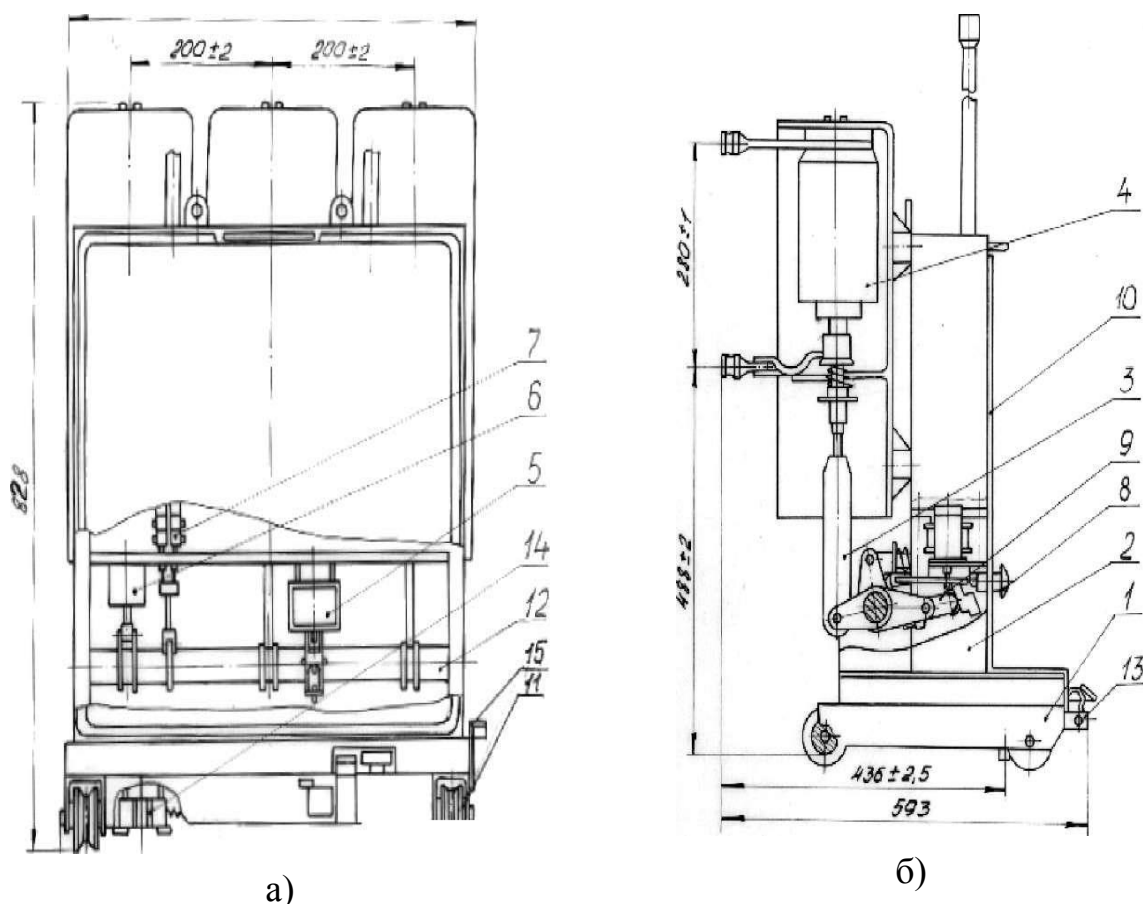
Общий вид выключателя показан на рисунке 2,2а. Выключатель состоит из следующих основных частей: основания 1, которое снабжено катками 11 и служит тележкой выключателя, на нем с помощью болтового соединения установлена рама 2.

На раме устанавливаются вал 12 с механизмом свободного расцепления 9, буфер 6, встроенный электромагнитный привод 5, полюсы 4, лицевая крышка 10, тяги изоляционные 3, блок сигнализации 7, ножи заземления 14, кнопка ручного аварийного отключения 8, механизм доводки выключателя в шкаф КРУ 13.

Управление выключателем осуществляется встроенным электромагнитным приводом 5 зависимого (прямого) действия.

Операция включения выключателя осуществляется за счет тягового усилия электромагнита включения. Отключается выключатель за счет энергии, предварительно запасенной отключающей пружиной при включении.

Операция включения выключателя осуществляется за счет тягового усилия электромагнита включения. Отключается выключатель за счет энергии, предварительно запасенной отключающей пружиной при включении.



а) б)
Рисунок 2.2 - Общий вид выключателя

Включение выключателя

Исходное положение выключателя показано на рисунке 2.4а. Контакты 15 и 16 камеры дугогасительной вакуумной (КДВ) 14 разомкнуты, выключатель удерживается в отключенном положении отключающей пружиной 17 (рисунок 2.3).

Механизм свободного расцепления состоит из двух рычагов 6, приваренных к валу выключателя, коромысла с роликами 7, которое шарнирно с помощью оси 5 установлено между рычагами 6. Благодаря пружине 4, коромысло постоянно стремится повернуться против часовой стрелки, его движение ограничено осью 8, которая установлена между рычагами 6. Подпружиненная защелка 9 также шарнирно устанавливается между рычагами 6, положение защелки устанавливается с помощью болта 13.

Механизм свободного расцепления состоит из двух рычагов 6, приваренных к валу выключателя, коромысла с роликами 7, которое шарнирно с помощью оси 5 установлено между рычагами 6. Благодаря пружине 4, коромысло постоянно стремится повернуться против часовой стрелки, его движение ограничено осью 8, которая установлена между рычагами 6. Подпружиненная защелка 9 также шарнирно устанавливается между рычагами 6, положение защелки устанавливается с помощью болта 13.

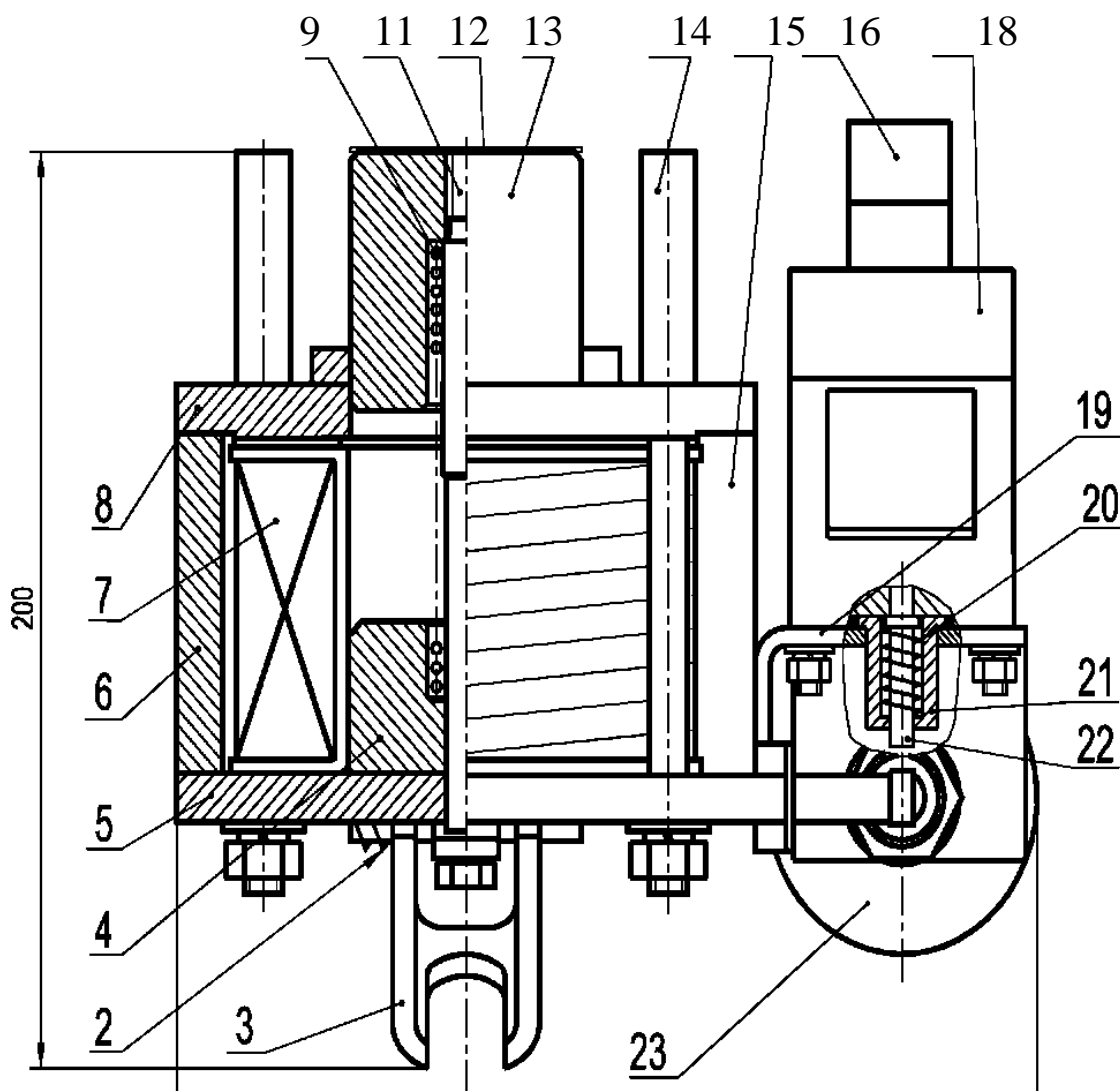


Рисунок 2.3 - Привод выключателя

При подаче напряжения на катушку 7 (рисунок 2.3) включающего электромагнита 1 (рисунок 2.3) якорь 13 (рисунок 2.3) электромагнита притягивается к стопу 4, и толкатель 11 воздействует на ролик коромысла 7 (рисунок 2.3), при этом другой ролик упирается на защелку 9, вал выключателя 10 поворачивается и через рычаги 11, изоляционные тяги 12, узлы поджатия замыкает контакты 15 и 16 КДВ 14, одновременно сжимается пружина отключения 17. В конце хода под действием прижимной силы пружины, защелка 3, шарнирно установленная на приводе, поворачивается и фиксирует выключатель во включенном положении. Под действием возвратной пружины 9 (рисунок 2.3) якорь 13 возвращается в исходное положение.

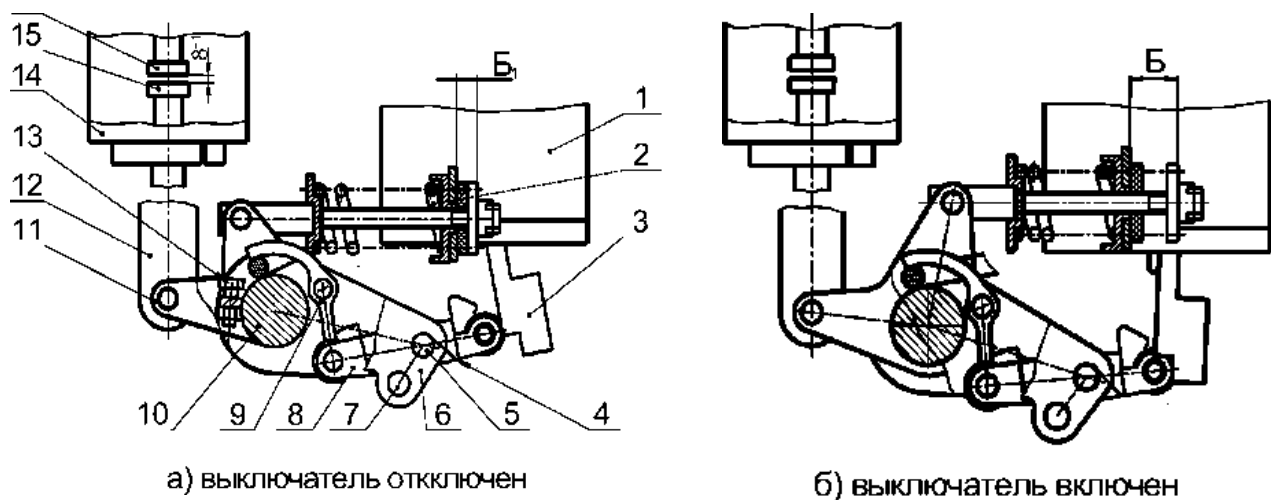


Рисунок 2.4

Включенное положение выключателя показано на рисунке 2.4 б.

Ручное неоперативное включение выключателя осуществляется рычагом для ручного включения выключателя. Гнездо рычага для ручного включения устанавливается на четырехгранный выступ вала выключателя, расположенный с правой стороны выключателя. Нажатием рычага вниз осуществляется включение выключателя.

Отключение выключателя.

При подаче напряжения на катушку отключающего электромагнита 18 (рисунок 2.4) его якорь через толкатель 22 воздействует на рычаг 24, который, в свою очередь, воздействует на защелку 9 механизма свободного расцепления. Защелка 9 выходит из зацепления с роликом коромысла 7 и происходит отключение выключателя за счет энергии, запасенной отключающей пружиной 17 и пружинами узлов поджатия. Коромысло 7, поворачиваясь по часовой стрелке, соскальзывает с защелки 3 и под действием пружины 4 становится на защелку 9. Механизм подготовлен к включению.

Ручное отключение выключателя осуществляется путем воздействия на кнопку ручного аварийного отключения 23 (рисунок 2.4), которая через рычаг 24 воздействует на защелку 9 и выключатель отключается.

При ручном включении выключателя должны быть приняты меры, препятствующие его опрокидыванию.

После включения выключателя вручную рычаг для ручного включения необходимо снять.

Вакуумный выключатель предназначен для коммутации электрических цепей при номинальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частоты 50 Гц с номинальным напряжением 6-10 кВ для систем с изолированной нейтралью или частично заземленной нейтралью. Выключатель предназначен для работы в закрытых распределительных устройствах.

В последние годы отмечается интенсивное использование вакуумных коммутаторов в области напряжений 6–35 кВ для создания вакуумных

контакторов, выключателей нагрузки, вакуумных выключателей для КРУ. Это объясняется рядом бесспорных достоинств: высокое быстродействие, полная взрыво- и пожаробезопасность, экологическая чистота, широкий диапазон температуры (от +200 до -70 °С), надежность, минимальные эксплуатационные затраты, минимальные габаритные размеры, повышенная устойчивость к ударным и вибрационным нагрузкам, высокая износостойкость при коммутации номинальных токов и токов нагрузки, произвольное рабочее положение вакуумного дугогасительного устройства.

Принцип использования вакуума для гашения дуги при высоких напряжениях известен достаточно давно. Но практическая реализация стала возможна лишь после появления технических возможностей - создания вакуумночистых проводниковых и изоляционных материалов больших размеров, проведения вакуумночистых сборок этих материалов и получения высокого вакуума до $1,3(10^{-2} \div 10^{-5})$ Па [175].

Особенности: вакуумные дугогасительные камеры обладают большой износостойкостью и большим коммутационным ресурсом, малое энергопотребление по шинам оперативного напряжения, возможность использования в широком диапазоне питающего оперативного напряжения вторичных цепей, высокой надежностью, необслуживаемость на протяжении всего срока эксплуатации, низкая трудоёмкость производства, малые габариты и вес.



Рисунок 2.5 - Вакуумный выключатель

Недостаток. Контактная система вакуумных выключателей помещена в глубокий вакуум, электрическая прочность которого во много раз выше, чем воздуха при атмосферном давлении. Гашение дуги происходит при первом переходе тока через нуль за счет диффузии заряженных частиц из области дуги в окружающее пространство. Загорается же дуга вследствие ионизации паров металлических контактов (иначе бы дуги не было, т.к. нет свободных зарядов в вакууме). При размыкании контактов сечение контактных площадок

уменьшается, сопротивление и температура увеличиваются, и, следовательно, происходит расплавление и испарение металла. Поэтому разработчики стремятся в контактной системе выключателя применять тугоплавкие металлы, из-за малого износа, хотя при этом ток прерывается до естественного нуля и происходит перенапряжение. К сожалению, оптимального материала пока не найдено. Чтоб обеспечить минимальное количество испаряющегося материала, контакты выполняют особой конструкции, совмещая в одном узле основные и дугогасительные, с радиальными и спиральными прорезями, обеспечивающими минимальное количество испаряющегося материала.

Коммутационный ресурс вакуумных выключателей составляет от 20 до 50 тыс. циклов «включение – отключение» номинального тока и 50-150 циклов «включение – отключение» номинального тока отключения. Одной из важных особенностей обслуживания перед маломасляными и электромагнитными выключателями, также является то, что вакуумные выключатели не требуют капитального, текущего, среднего и внеочередного ремонтов, а также проведение большинства эксплуатационных проверок, определяющих их техническое состояние, на протяжении всего срока эксплуатации, который равняется 25 годам и более. Маломасляным и электромагнитным выключателям на протяжении эксплуатационного срока необходимы технические проверки и проведение всех видов ремонтов: капитальных, текущих, средних и т.п. для определения их технического состояния и возможности дальнейшей работы.

Преимущества вакуумных выключателей перед маломасляными и электромагнитными выключателями обеспечены следующими особенностями обслуживания:

1. По сравнению с другими типами выключателей, требующих, во время проведения ремонта, определения эксплуатационных характеристик, таких как ход контактов (главных и дугогасительных), скорость движения контактных стержней при операции отключения и включения (скоростные характеристики), полное сопротивление токопровода выключателя, сопротивление изоляции выключателя (изоляционные характеристики), а также определения собственного время включения и собственного время отключения и сравнение их с заводскими данными, вакуумным выключателям это проводить не требуется. При изготовлении вакуумного выключателя, заводом-изготовителем закладывается большой механический ресурс, который отменяет необходимость производить ревизию вспомогательных блок-контактов, а также проводить проверки резьбовых соединений вакуумного выключателя.

2. Применение электромагнитного привода, который более надежен в эксплуатации, нежели пружинный. Пружинный привод имеет ряд недостатков, в виде сложной конструкции и, как следствие, необходимости более частого и квалифицированного обслуживания. В настоящее же время, конструкция электромагнитных приводов такова, что применение

непосредственного соединения силового элемента привода с подвижными контактами дугогасительной камеры через тяговый изолятор является простой и эффективной кинематической схемой, повышается надежность работы привода, но в то же время это приводит к снижению ремонтпригодности.

3. За счет замены механической защелки на магнитную, уменьшения трения движущихся частей, которые не требуют периодического применения смазки, и применения в приводах вакуумных выключателей небольшого количества деталей, позволяет в течение всего срока эксплуатации и без проведения эксплуатационных, ремонтных и профилактических работ повысить надежность работы выключателя в целом и увеличить ресурс механической стойкости.

4. Применение высокоэффективной схемы питания приводов выключателей.

Все вышеперечисленные характерные особенности дают гарантию на эксплуатацию вакуумного выключателя на протяжении 25 и более лет, при этом проводить ремонтные работы, определять эксплуатационные характеристики не требуется. Но в то же время, имеет место определение технического состояния выключателя, которое проводится 1 раз в 5 лет. Техническое состояние определяется без разборки выключателя и сюда входит измерение сопротивления токопроводящего контура, электрической прочности вакуумной дугогасительной камеры. В данное время в Украине внедряется новая форма партнерских отношений между потребителем и заводом-изготовителем в части гарантированного обслуживания вакуумных выключателей. Суть новой формы отношений заключается в том, что на протяжении всего гарантийного срока обслуживания завод-изготовитель восстанавливает работоспособность вакуумных выключателей, отказавших в работе по его вине, и предоставляет сервисное обслуживание, при заключении соответствующего договора с потребителем, по истечении срока гарантии. Посредством этого потребитель значительно снижает свои эксплуатационные расходы, при этом потребителю не требуется содержать квалифицированный ремонтный персонал, приобретать специальный инструмент и приспособления, а также запасные части.

Требования, предъявляемые к высоковольтным выключателям 6-10кВ

Высоковольтные выключатели являются важнейшими коммутационными аппаратами, предназначенными для включения и отключения токов короткого замыкания, достигающих многих десятков килоампер, токов нагрузки, а также для отключения без появления коммутационного перенапряжения сравнительно небольших индуктивных и емкостных токов.

В связи с необходимостью сохранения устойчивой работы электрической системы в любых режимах работы, отключение токов короткого замыкания высоковольтным выключателем должно осуществляться очень быстро - в течение всего лишь нескольких сотых долей секунды.

Конструкция выключателя должна быть простой, а его эксплуатация - легкой; выключатель должен обладать высокой ремонтопригодностью, иметь исключительно высокий коэффициент готовности: при очень малой продолжительности его использования, не превышающей всего одну-две минуты в год, он должен всегда быть готовым к работе. Наконец, выключатель должен многократно (тысячи раз) и надежно включать и отключать номинальные токи, а также неограниченно долго выдерживать воздействие номинальных токов и напряжений и, кроме того, выдерживать кратковременные термические и динамические воздействия сквозных токов короткого замыкания.

Основные требования, предъявляемые к выключателям 6-10 кВ для комплектных распределительных устройств (КРУ), следующие:

- надежность в работе и безопасность для обслуживающего персонала;
- как можно меньшее время отключения;
- возможно малые габариты и масса;
- простота монтажа;
- бесшумность работы;
- сравнительно невысокая стоимость;
- малые расходы на обслуживание и эксплуатацию;
- ремонтопригодность.



Рисунок 2.6 - Вакуумный выключатель типа ЗАН5 фирмы Siemens

Эксплуатация шин РУ.

Основной задачей эксплуатации шин РУ является надзор за их состоянием и нагревом.

При эксплуатации шин особое внимание обращают на болтовые контактные соединения шин РУ друг с другом и с выводами аппаратов. Эти соединения должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- плотность тока в контактном соединении шин не должна превышать 0,3 А/мм² для медных, 0,16 А/мм² для алюминиевых и 0,075 А/мм² для стальных;

- падение напряжения в контактном соединении не должно превышать более чем на 20% величину падения напряжения для целого участка шины равной длины;

- сопротивление контакта при температуре шин 70°С не должно превышать более чем на 20% сопротивление целого участка шины, равного длине контактного соединения при той же температуре.

Сопротивление в болтовом контактном соединении ($R_{кон}$) ориентировочно определяют из выражения n [15]:

$$R_{кон} = \frac{k}{n \cdot \sqrt{E}} \cdot 10^{-4}$$

где n – число болтов;

E – усилие затягивания болта, кГ;

k – коэффициент, равный 1,2 для меди, 10 - для алюминия и 75 - для стали.

Температура нагрева контактного соединения шин при нормальных режимах и рабочих токах не должна превышать температуру целого участка шины на расстоянии 1,5-2 м от места соединения. Контроль температуры нагрева осуществляется цветовыми индикаторами, отпадающими указателями или термосвечами.

Проверку нагрева контактных соединений следует производить в часы наибольших нагрузок. Сила затягивания болтов контактного соединения шин должна обеспечивать нормируемые величины переходного сопротивления и стабильность контакта. Болты затягивают специальным ключом с регулируемым усилием (крутящим моментом) или гаечным ключом, но с применением динамометра.

При завертывании болтов и гаек обычными (гаечными, разводными и др.) ключами применение рычага не допускается. Плотность прилегания шин в контактном соединении контролируют щупом (10X0,05 мм), который не должен входить между контактными поверхностями шин на глубину более чем 6 мм. Сборные и соединительные шины РУ должны иметь расцветку фаз, предусмотренную ПУЭ.

Эксплуатация изоляторов РУ.

Одноэлементные опорные и проходные изоляторы РУ периодически подвергают испытаниям напряжений промышленной частоты, величины которых приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

| Изоляторы РУ | Номинальное напряжение изолятора, кВ | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 35 |
| С нормальной изоляцией | 22 | 29 | 38 | 51 | 61 | 90 |
| С облегченной изоляцией | 13 | 19 | 29 | 43 | - | - |

Примечание. Опорные многоэлементные изоляторы испытывают путем приложения напряжения 50 кВ промышленной частоты к каждому элементу изолятора в течение 1 мин.

Эксплуатация трансформаторов напряжения

Особенности эксплуатации трансформаторов напряжения с литой изоляцией классов напряжения 6–35 кВ (см. рисунок 2.7).

Трансформаторы с литой изоляцией уже прочно заняли свои позиции на рынке электротехнических изделий. Если говорить о трансформаторах с литой изоляцией в целом, то они имеют неоспоримые преимущества перед масляными трансформаторами, а именно: меньшие массу и габаритные размеры; возможность установки в любом положении; пожаробезопасность.

Кроме того, одним из основных преимуществ трансформаторов с литой изоляцией является герметичность конструкции. Т.е. литая изоляция, герметизируя и жестко фиксируя активные части трансформаторов, исключает влияние на них внешних воздействий, таких как влажность, механические удары, вибрации и т.д. Это значительно повышает надежность трансформаторов, позволяет применять их как в условиях тропического климата, так и в районах с умеренным и холодным климатом, а также для наружной установки.



Рисунок 2.7 - Трансформатор напряжения с литой изоляцией

Трансформаторы напряжения могут выполняться с одним или двумя высоковольтными вводами первичной обмотки. У заземляемых трансформаторов один ввод первичной обмотки, имеющий неполную изоляцию, во время работы должен быть заземлен. Вводы первичной обмотки незаземляемых трансформаторов напряжения имеют полную изоляцию.

При эксплуатации незаземляемые трансформаторы включаются между фазами сети, т.е. они рассчитаны для работы на линейном напряжении. Заземляемые однофазные трансформаторы напряжения собираются в трехфазную группу по схеме «звезда»/«звезда»/ «разомкнутый треугольник». Заземляемые трехфазные группы ТН выполняют все функции незаземляемых ТН, плюс осуществляют контроль изоляции сети. При нормальном симметричном режиме фазные напряжения основной вторичной обмотки равны $100/\sqrt{3}$ В, междуфазные равны 100 В, а на выводах дополнительной вторичной обмотки имеется небольшое напряжение небаланса не более 3 В. При однофазных замыканиях сети на землю одно из фазных напряжений снижается до нуля, а два других повышаются до 100 В. Междуфазные напряжения остаются неизменными, а напряжение дополнительной вторичной обмотки повышается до 100 В.

Заземляемые ТН из-за своей связи с землей подвержены разнообразным опасным воздействиям со стороны сетей и для обеспечения своей надежности нуждаются в квалифицированном подходе. В частности, заземляемый вывод Х обмотки ВН должен быть обязательно заземлен даже тогда, когда контроль изоляции не требуется.

Одна из основных функций трехфазных групп заземляемых трансформаторов напряжения в сетях с изолированной нейтралью — это обеспечение измерения напряжения нулевой последовательности (для осуществления контроля изоляции сети).

Практика эксплуатации ТН в электрических сетях разного назначения и различного напряжения показала, что в процессе эксплуатации этих сетей могут возникать ситуации, приводящие к феррорезонансным явлениям в эквивалентных контурах, содержащих емкость электрооборудования сети и нелинейную индуктивность намагничивания ТН. При этом на изоляции электрооборудования могут возникать как перенапряжения, так и повышенные значения токов в обмотке ВН ТН.

В электрических сетях 6–24 кВ, эксплуатируемых с изолированной нейтралью, такие условия могут возникнуть чаще всего при однофазных дуговых замыканиях на землю (ОДЗ). Очевидно, что условия феррорезонанса наблюдаются при определенном соотношении емкостного сопротивления сети и характеристики намагничивания ТН.

В эксплуатации заземляемых ТН можно выделить несколько режимов, приводящих к ненормальной работе ТН или к их повреждению.

Первый режим — самопроизвольное смещение нейтрали, или, как называют его энергетики, эффект «ложной земли». Он заключается в искажении фазных напряжений сети с изолированной нейтралью и появлении напряжения нулевой последовательности при отсутствии однофазных замыканий на землю. Он возникает, как правило, при включении ненагруженных шин или непротяженных сетей 6–10 кВ и связан с компенсацией тока намагничивания одной (или нескольких) фаз ТН емкостным током этой фазы. Так как в феррорезонанс может войти любая из

трех фаз, «ложная земля» может «переходить» с одной фазы на другую. Обычно в таком режиме ТН не повреждается, но релейная защита не позволяет включить оборудование из-за ложного сигнала.

Второй режим возникает при однофазных дуговых замыканиях на землю в воздушных сетях. Такие сети имеют небольшой (до 10А) ток замыкания на землю и открытую перемежающуюся дугу, подверженную воздействию ветра, что способствует ее попеременному зажиганию и гашению. В таком режиме емкость нулевой последовательности сети в бестоковую паузу перемежающейся дуги разряжается через ТН, насыщая его магнитопровод и перегревая обмотки. Повторное зажигание дуги вновь заряжает емкость, которая затем разряжается через ТН. Такой процесс может длиться несколько минут или даже часов, в результате чего ТН нередко повреждается.

Третий режим может возникнуть как в воздушных, так и в кабельных сетях. Режим феррорезонанса возможен при замыкании на землю одной фазы малонагруженного трансформатора 20–400 кВА. Напряжение нулевой последовательности сети при этом может достигать трехкратных значений, в результате чего повреждение ТН наступает менее чем за одну минуту. При этом факты повреждения ТН именно из-за «внешнего» феррорезонанса, вследствие его быстротечности, очень трудно надежно зафиксировать.

Явление феррорезонанса в сетях с изолированной нейтралью достаточно хорошо изучено и предусмотрен ряд мер для его предотвращения или демпфирования. В трехфазных группах производства ОАО «СЗТТ» 3хЗНОЛ.06 и 3хЗНОЛП для борьбы с феррорезонансами сети нейтраль первичной обмотки, соединенной в звезду, заземляется через три параллельно соединенных резистора, которые ограничивают токи, протекающие через трансформатор при феррорезонансе.

Также для повышения устойчивости к феррорезонансу в дополнительные обмотки, соединенные в разомкнутый треугольник, используемые для контроля изоляции сети, рекомендуется включать резистор сопротивлением 25 Ом, рассчитанный на длительное протекание тока 4 А (мощность резистора не менее 400 Вт). Эта мера не является абсолютно эффективной, но в большинстве случаев приводит к положительным результатам.

С одной стороны, трансформаторы без защитных предохранительных устройств (ЗНОЛ.06) стоят дешевле, а для защиты трансформаторов напряжения традиционно применяются предохранители ПКН. Казалось бы, вопрос решен, но необходимо учесть следующее: предохранители ПКН применяются для защиты трансформаторов напряжения и выбираются по классу напряжения трансформатора, ток срабатывания не нормируется. По данным эксплуатации время срабатывания ПКН составляет около 10 с. при токе 2,5 А.

Поскольку это значение близко к значениям токов короткого замыкания трансформаторов ЗНОЛ.06, а по ГОСТ 1983-2001 трансформаторы должны

выдерживать токи короткого замыкания между вторичными выводами без повреждения в течение 1 с, то протекание тока такой величины в течении 10 с может привести к выходу из строя трансформатора. В связи с этим, становится понятно, что предохранители ПКН предназначены, прежде всего, для защиты шин и другого оборудования, а трансформаторы напряжения в данном случае являются расходным материалом.

С другой стороны использование трансформатора с защитными предохранительными устройствами (ЗНОЛП, ЗНОЛПМ(И), ЗНОЛ.01ПМИ) позволяет сохранить трансформатор в работоспособном состоянии при возникновении аварийных режимов.

Встроенное защитное предохранительное устройство трансформаторов ЗНОЛП, ЗНОЛПМ(И), ЗНОЛ.01ПМИ позволяет защитить эти трансформаторы от повреждений при возникновении различных аварийных режимов.

Принцип действия предохранительного устройства основан на перегорании (расплавлении) плавкой вставки под действием чрезмерного тока цепи, длительно превышающего предельно допустимое значение тока высоковольтной обмотки трансформатора.

Выбор резисторов, применяемых в защитных предохранительных устройствах трансформаторов, производится с учетом конкретных значений номинальных и предельно допустимых токов высоковольтной обмотки трансформатора, в котором оно используется. Так как номинальные и предельные допустимые длительные токи высоковольтной обмотки трансформаторов напряжения имеют малые значения, не превышающие 0,12 А, резистор выбирается с такими характеристиками, чтобы обеспечить отключение при токах короткого замыкания трансформатора, которые во много раз превышают номинальные значения токов. Время отключения трансформатора с помощью защитного предохранительного устройства не превышает 2–5 секунд, что исключает вероятность возникновения сквозного тока короткого замыкания непосредственно в трансформаторе. Также нужно отметить, что выполнение предохранителей встроенными в гнездо литого корпуса трансформатора полностью исключает междуфазное короткое замыкание.

При испытаниях заземляемых ТН (электрической прочности изоляции трансформаторов и при определении тока холостого хода) вывод «Х» должен быть заземлен! Это требование связано с особенностями конструкции заземляемых трансформаторов напряжения (высоковольтный вывод Х имеет неполную изоляцию).

Испытание электрической прочности изоляции первичной обмотки проводится индуктированным напряжением частотой 400 Гц величиной, указанной в ГОСТ 1516.3-96 (для уровня изоляции «б»). Смысл этого испытания в проверке качества внутренней изоляции обмотки ВН. Проведение этого испытания напряжением частоты 50 Гц недопустимо, поскольку ток намагничивания превысит допустимое значение, и ТН выйдет

из строя. Поэтому в ГОСТ 1516.3-96 (п.4.16.2) отмечено, что при отсутствии у потребителей источника напряжения повышенной частоты испытание трансформатора, не вводившегося в эксплуатацию, допускается проводить при частоте 50 Гц напряжением не выше 1,3 номинального при длительности выдержки 1 мин. Разземление вывода «Х» высоковольтной обмотки (для заземляемых ТН) недопустимо.

В эксплуатации нередко случаи повреждения заземляемых ТН во время проведения испытаний другого оборудования с присоединенными к нему ТН. Это происходит по тем же причинам: разземление вывода «Х» обмотки ВН либо испытание повышенным напряжением частоты 50 Гц.

Изоляция между заземляемым выводом высоковольтной обмотки и заземленными частями трансформатора испытывается напряжением 3 кВ.

Для унификации проводимых испытаний заземляемых и незаземляемых трансформаторов напряжения, в частности, измерение электрического сопротивления изоляции первичной обмотки, были внесены изменения в конструкцию заземляемых трансформаторов, что позволило проводить указанное испытание мегаомметром на 2500 В.

Эксплуатация трансформаторов тока.

Трансформатор тока ТОЛ-10 (см. рисунок 2.8) в первую очередь предназначены для установки в комплектных распределительных устройствах и их задача состоит в том, чтобы передавать сигнал информации измерительным приборам, а также устройствам защиты и управления. Трансформатор также используется для изолирования цепей вторичных схем соединений от высокого напряжения в установках переменного тока на класс напряжения до 10 кВ частотой 50 Гц. Трансформаторы производятся в климатическом соответствии Т или УХЛ род размещения и, разумеется, производятся по ГОСТ 15150.

Опорный трансформатор тока ТОЛ-10-ІУ2 выпускается в двухобмоточном исполнении.

Условия эксплуатации трансформатора тока ТОЛ-10-І У2:

- t окружающей среды от -60°С до +40°С для исполнения УХЛ2.1 и от -10°С до +55°С для исполнения Т2.1;
- окружающая сфера, не должна быть, подвержена взрывам, не вмещать пыли, химически активных паров и газов;
- рабочее размещение – любое.



Рисунок 2.8 - Трансформатор тока типа ТОЛ-10

Эксплуатация трансформаторов тока заключается в периодических осмотрах, текущих ремонтах и эксплуатационных испытаниях. Осмотр проводится одновременно с осмотром всего остального оборудования. На поверхности изоляторов и фарфоровых покрышек, особенно в местах крепления фланцев, не должно быть сколов и трещин. Наиболее часто трещины появляются в результате механических напряжений, возникающих в сочленениях деталей, изготовленных из разных материалов, при изменениях температуры наружного воздуха. В цементных швах появляются трещины, разрушается замазка. Проникновение воды в поры и трещины цементного слоя и ее замерзание приводят к появлению дополнительных механических напряжений. Это может быть предотвращено, если армировку цементных швов и их защитные влагостойкие покрытия систематически восстанавливать. При обнаружении трещин в фарфоре аппарат должен быть отключен и подвергнут детальному осмотру и испытанию. Для предупреждения появления железистых подтеков по поверхности изоляторов необходимы своевременное удаление ржавчины с металлических деталей и их окраска.

3 Безопасность жизнедеятельности

Анализ условий труда в ремонтно-механическом цехе.

На всех предприятиях создаются здоровые и безопасные условия труда, устанавливаются правовые основы регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками, а также создаются условия труда, соответствующие требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

На обслуживающий персонал ремонтно-механического цеха оказывают воздействие следующие факторы, такие как: температура, влажность, тепловое излучение, шум, запыленность, вибрация.

Все эти факторы в свою очередь являются источниками опасности и вредных факторов. Нередко на рабочих местах не соблюдаются ПДК и ПДН, что в свою очередь ведет к травматизму.

Рассмотрим факторы, оказывающие определенное влияние на рабочий персонал.

Освещение.

В ремонтно-механическом цехе имеет место, локализованное освещение которое предусмотрено при выполнении на участках цеха различных по характеру работ или при наличии затеняющего оборудования.

Во время работы в цехе применяются светильники общего освещения с лампами накаливания на напряжение до 36В. На ремонтных площадках располагают светильники на высоте не менее 2,5 м над рабочими местами.

Микроклимат.

На рабочих ремонтно-механического цеха оказывают влияние следующие параметры: температура воздуха в помещении, °С; относительная влажность воздуха, %; подвижность воздуха, м/с; тепловое излучение, Вт/м². Эти параметры отдельно и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Меры защиты от теплового излучения, которые имеют особое значение в цехе, можно разделить на следующий четыре группы: устраняющие источник тепловыделений; защищающие от теплового излучения; облегчающие теплоотдачу тела человека и меры индивидуальной защиты.

Борьба с неблагоприятным влиянием производственного микроклимата осуществляется с использованием технологических (замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования, автоматизация и механизация процессов, дистанционное управление), санитарно-технических (средства локализации тепловыделений и теплоизоляции) и медико-профилактических мероприятий.

Эффективными средствами снижения тепловыделений являются: покрытие нагреваемых поверхностей теплоизоляционными материалами; герметизация оборудования; применение отражательных, теплопоглощающих и теплоотводящих экранов; устройство вентиляционных систем; использование индивидуальных средств защиты.

Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.

Защита от вредных веществ осуществляется мероприятиями, которые в ряде случаев следует применять комплексно. Основные из них: автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ; совершенствование технологических процессов и их рационализация (замена вредных веществ безвредными, отказ от применения пылящих материалов, переход с твердого топлива на газообразное и пр.); совершенствование конструкций оборудования, при которых исключаются или резко уменьшаются вредные выделения в окружающую среду, что возможно, например, при герметизации; применение газопылеулавливающего оборудования.

Защита от вредных газо-, паро- и пылевыведений предусматривает устройство местной вытяжной вентиляции для отсоса ядовитых веществ непосредственно от мест их образования.

В дополнения к общим защитным средствам применяются индивидуальные средства защиты. При работе с ядовитыми и загрязненными веществами пользуются спецодеждой – комбинезонами, халатами, фартуками и пр; для защиты от щелочей и кислот – резиновой обувью и перчатками. Для защиты кожи рук, лица, шеи применяют защитные пасты: антитоксические, маслоустойчивые, водоустойчивые. Глаза от возможных ожогов и раздражений защищают очками с герметичной оправой, масками и шлемами.

Дыхательные органы защищают фильтрующими и изолирующими приборами (респираторы, противогазы).

Производственный шум.

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления: снижается острота зрения, слуха, повышается кровяное давление, понижается внимание. Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем.

Основные мероприятия по борьбе с шумом – это технические мероприятия, которые проводятся по трем главным направлениям:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи;
- непосредственная защита работающих в цехе.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные. Однако этот метод борьбы с шумом в котельном цехе не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике. Снижение шума в источнике достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум, использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудования на источнике шума дополнительного

звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

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 и др.), гидродинамических (истечение жидкости) и электромагнитных (переменные магнитные поля в электрооборудовании).

Значительный эффект снижения шума от оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм от рабочего места или зоны обслуживания машины.

Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня значительно улучшает условия труда.

Учитывая, что с помощью технических средств не всегда возможно решить проблему снижения уровня шума в цехе, большое внимание уделяется применению средств индивидуальной защиты (наушники, вкладыши).

3.1 Расчет вентиляции ремонтно-механического цеха

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

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

Работа вентиляционных систем должна создавать на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие санитарным нормам – СН 245 – 71 «Воздух рабочей зоны». Вместе с тем вентиляция должна обеспечивать условия, отвечающие требованиям технологического процесса, сохранения оборудования и строительных конструкций здания. Устройство вентиляции в производственных и вспомогательных помещениях промышленных предприятий является обязательным.

Вентиляция – это организованный воздухообмен в помещениях. По способу перемещения воздуха она подразделяется на естественную и механическую.

В рассматриваемом помещении устанавливаем механическую вентиляцию, так как она более совершенна по сравнению с естественной вентиляцией, хотя и требует капитальных и эксплуатационных затрат.

При механической вентиляции воздухообмен достигается за счет разности давлений, создаваемой вентилятором, который приводится в движение электродвигателем. Механическая вентиляция обеспечивает забор поступающего воздуха из мест, где он наиболее чист; допускает обработку воздуха - его подогрев, увлажнение и подсушку; позволяет подводить воздух к любому рабочему месту или оборудованию, а также удалять его из любых мест с очисткой.

Механическую вентиляцию выполняем приточно – вытяжной системой. Приточно – вытяжная система вентиляции состоит из двух отдельных систем приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный.

В данном цехе расположены три вентиляторных устройства каждое из которых обслуживает по одному из отделений цеха.

Количество воздуха, необходимого для обеспечения требуемых параметров воздушной среды, определяется расчетным путем. При этом учитываются тип помещения и производственные вредности. В данном цехе имеются избытки выделяемого тепла.

Определим количество воздуха, которое необходимо вводить на участок инструментального цеха зимой и летом для удаления избытков тепла. Количество воздуха, которое необходимо ввести в помещение для поглощения избытков тепла определяется по формуле:

$$G_{\text{я}} = 3,6 \times Q_{\text{я}} / C \times \gamma \times (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.1)$$

где C – теплоемкость воздуха кДж/кг⁰С (теплоемкость сухого воздуха $C = 1$ кДж/кг⁰С);

γ - плотность приточного воздуха, кг/м³;

$Q_{\text{я}}$ - избытки явного тепла, Вт;

$t_{\text{yx}}, t_{\text{пр}}$ – температура воздуха удаляемая общеобменной вентиляцией и подаваемого в помещение, °С.

Исходные данные:

Разрабатывается система вентиляции ремонтно-механического цеха длиной 33 метра и шириной 19 метров.

Цех имеет 5 окон площадью 4×4 метра.

Мощность осветительной установки цеха 20,6 кВт, коэффициент, учитывающий, количество электроэнергии, переходящей в тепло, для осветительной установки равен 0,8. Расчетная температура для удаляемого воздуха летом $t_{\text{yx1}}=26$ °С, зимой $t_{\text{yx2}}=18$ °С. Количество тепла выделяемое одним рабочим в течении часа для зимних и летних условий, принимаю в среднем равным 419 кДж (116 Вт).

Расчет системы вентиляции.

В основе всех систем вентиляции лежат приближенные методы, учитывающие с помощью коэффициентов различные факторы, влияющие на производительность вентиляции. Чем больше коэффициентов входит, тем больше факторов они учитывают и точнее дают результаты.

Однако в ряде случаев допустимо применение и менее точных формул с обобщенными коэффициентами; учитывающими несколько факторов или только значимые из них. Применение такого метода оправдано тем, что фактическая производительность любой рассчитанной, спроектированной и смонтированной вентиляции проверяется в процессе эксплуатации. Если обнаруживаются отклонения от требуемых показаний, то они устраняются изменением производительности вентилятора. Расчет системы вентиляции производится в следующей последовательности:

1) вычерчивают схему вентиляционной сети с поворотами, переходами, разбивают ее на участки и подбирают диаметр труб воздухоотводов.

2) определяют воздухообмен G ($\text{м}^3/\text{ч}$) по формуле (3.1) и находят производительность вентилятора W_B :

$$W_B = K_3 \times G, \quad (3.2)$$

K_3 – коэффициент запаса ($1,3 \div 2,0$).

3) рассчитывают потери напора на прямых участках труб $H_{\text{пп}}$ (Па):

$$H_{\text{пп}} = \Psi_m \times \ell_m \times \rho_v \times v_{\text{ср}}^2 / 2 d_m \quad (3.3)$$

где Ψ_m – коэффициент, учитывающий сопротивление труб, $\Psi_m = 0,02$;

ℓ_m – длина участка трубы, м;

ρ_v – плотность воздуха, $\rho_v = 1,213 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость воздуха на раскрываемом участке воздушной сети; для прилегающих к вентилятору участков $v_{\text{ср}} = (8 \div 12)$, м/с, для удаленных участков $v_{\text{ср}} = (1 \div 4)$, м/с [19];

d_m – принятый диаметр трубы на участке, м.

4) Рассчитывают местные потери H_M (Па) напора в переходах, коленах, жалюзи:

$$H_M = 0,5 \times \Psi_m \times \rho_v \times v_{\text{ср}}^2 \quad (3.4)$$

где Ψ_m – коэффициент местных потерь напора при внезапном сужении равен 1,1, а при колене $90^\circ - 0,2 \div 0,3$.

5) Определяют суммарные потери напоров $H_{\text{уч}}$ (Па) на участке и в целом на линии (H_L) по формулам:

$$N_{\text{уч}} = N_{\text{пп}} + N_{\text{м}} \quad (3.5)$$

$$N_{\text{л}} = \sum N_{\text{уч}} = N_{\text{в}},$$

где $N_{\text{в}}$ – напор вентилятора, Па.

б) Зная величину максимальных потерь по номограмме выбирают номер вентилятора N , коэффициент полезного действия $\eta_{\text{в}}$ и безмерное число A . При этом стремясь обеспечить необходимый воздухообмен с помощью вентилятора с наибольшим коэффициентом полезного действия.

7) Найдя величины A и N (об/мин), вычисляют количество оборотов по формуле:

$$n_{\text{в}} = A / N \quad (3.5)$$

8) Рассчитывают мощность $P_{\text{дв}}$ (кВт) электродвигателя для вентилятора:

$$P_{\text{дв}} = N_{\text{в}} \times W_{\text{в}} / 3600 \times 1000 \times \eta_{\text{в}} \times \eta_{\approx} \quad (3.6)$$

где $N_{\text{в}}$ – полное давление вентиляторов (Па),

η_{\approx} - коэффициент полезного действия передачи (0,90 ... 0,95)

Определение количества тепла, поступающего в помещение данного участка в течении одного часа.

Определим количество тепла выделяемого источниками освещения:

$$Q_1 = \varphi \times N_{\text{осв уст}} \times \gamma_o = 0,8 \times 20,6 \times 0,7 = 11,54 \text{ кВт},$$

где φ – коэффициент, учитывающий количество электроэнергии, переходящей в тепло, для осветительных установок равен 0,8,

γ_o – коэффициент долевого участия в мощности осветительной установки цеха равен 0,7,

$N_{\text{осв уст}}$ – мощность осветительной установки цеха.

Определим количество тепла, выделяемое организмами работающих:

$$Q_2 = q \times n = 116 \times 50 = 5,8 \text{ кВт},$$

где $q=116$ Вт – количество тепла выделяемое одним работающим в течении часа,

n – количество работающих на данном участке.

Определим количество тепла, вносимого солнечной радиацией, для зимних условий принимается равным нулю, а для летних определяется следующим образом:

$$Q_3 = F_{\text{ост}} \times q_c \times K_{\text{ост}} = 5 \times 16 \times 128 \times 1,25 = 12,8 \text{ кВт},$$

где $F_{\text{ост}}$ – площадь остекленной поверхности (площадь окна 4×4, на данном участке 5 окон),

$q_c = 128 \text{ Вт/м}^2$ – теплопоступления через 1м^2 при одинарном остеклении в деревянных переплетах (восток, запад, северо – восток, северо – запад).

$$K_{\text{ост}} = 1,25.$$

Определим количество тепла выделяющегося от станков:

$$Q_4 = \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3 \times \psi_4 \times \sum N_{\text{ном}} = 0,25 \times (6 \times 17,6 + 4 \times 10,3 + 6 \times 14,7 + 6 \times 12,6 + 4 \times 7,9 + 2 \times 20,7 + 2 \times 2,2) = 97 \text{ кВт},$$

где ψ_1 – коэффициент использования установленной мощности, учитываемый при превышении номинальных мощностей электродвигателя над максимальной фактически необходимой ($\psi_1 = 0,7 \div 0,9$),

ψ_2 – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности к максимально необходимой ($\psi_2 = 0,5 \div 0,8$),

ψ_3 – коэффициент одновременности работы электродвигателей ($\psi_3 = 0,5 \div 1$),

ψ_4 – коэффициент ассимиляции тепла воздухом помещения при переходе механической энергии в тепловую ($\psi_4 = 0,65 \div 1$),

Для механических цехов при ориентировочных расчетах принимают произведение всех четырех коэффициентов равным 0,25.

$N_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя.

Избыточное тепло, поступающее в помещение составит:

$$\text{Летом } Q_{\text{изб}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 11,54 + 5,8 + 12,8 + 97 = 127,14 \text{ кВт}$$

$$\text{Зимой } Q_{\text{изб}} = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 11,54 + 5,8 + 97 = 114,34 \text{ кВт}$$

Количество воздуха, которое необходимо ввести в помещение для поглощения избытков тепла

$$G_{\text{лет}} = \frac{3,6 \times Q_{\text{изб}}}{C \times \gamma \times (t_{\text{yx}} - t_{\text{нор}})} = \frac{3,6 \times 127,14 \times 10^3}{1 \times 1,205 \times (26 - 20)} = 63306,22 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$G_{\text{лет}} = \frac{3,6 \times Q_{\text{изб}}}{C \times \gamma \times (t_{\text{yx}} - t_{\text{нор}})} = \frac{3,6 \times 114,34 \times 10^3}{1 \times 1,368 \times (18 - (-15))} = 9118,02 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

1) вычерчиваем схему вентиляционной сети с поворотами, переходами, разбиваем ее на участки и подбираем диаметр труб воздухоотводов. Схема вентиляционной сети с номерами участков механического цеха приведена на рисунке 3.1, а диаметры воздухоотводов и их длины, приведены в таблице 3.1.

2) определим производительность вентилятора W_B :

$$W_B = K_3 \times G = 1,3 \times 49000 = 63700 \text{ м}^3/\text{ч} ,$$

где K_3 – коэффициент запаса равен 1,3.

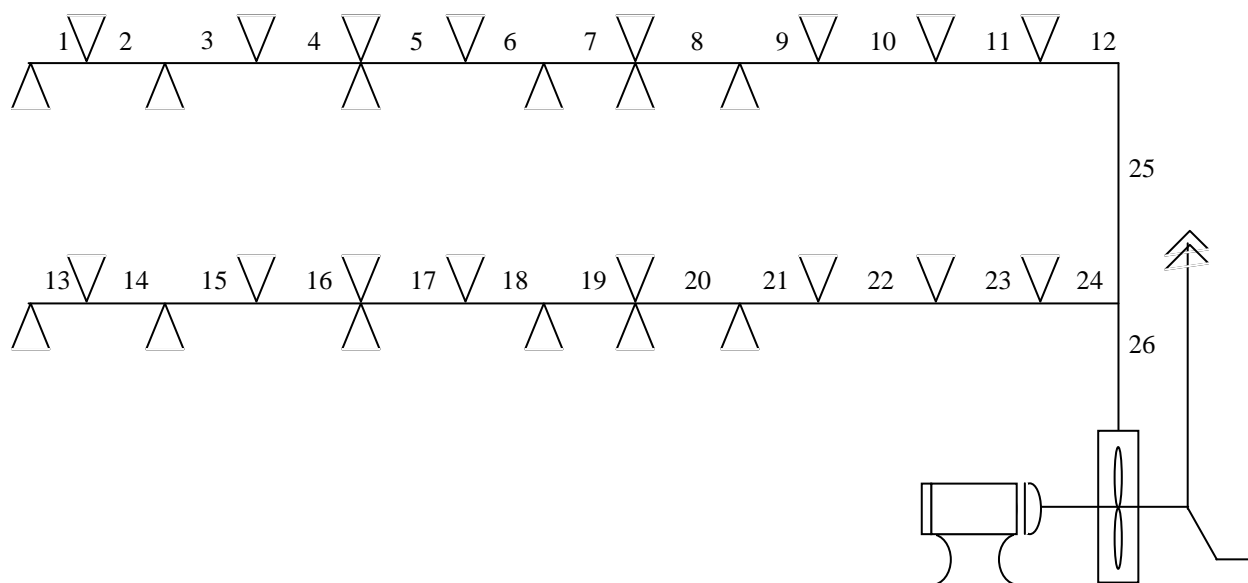


Рисунок 3.1 - Схема вентиляционной сети ремонтно-механического цеха

3) Расчет потерь напора на прямых участках труб и местных потерь напора в переходах и ответвлениях, а также суммарных потерь вентиляционной сети в приведены в таблице 3.1.

4) Зная величину максимальных потерь, по нонограмме выбираю вентилятор серии Ц4 – 70 под номером $N = 6$, коэффициент полезного действия $\eta = 0,6$, безразмерное число $A = 5500$, скорость вентилятора 20 м/с [19].

5) Найдя величины A и N (об / мин) , вычисляем количество оборотов по формуле:

$$n_B = A / N = 5500/6 = 917 \text{ об/мин.}$$

6) Рассчитываем мощность $P_{дв}$ (кВт) электродвигателя для вентилятора:

$$P_{дв} = N_B W_B / 3600 1000 \eta_B n_{\approx} = 1225,222 \times 63700 / 3600 \times 1000 \times 0,9 \times 917 = 26,3 \text{ кВт}$$

Таблица 3.1 - Расчет потерь напора на линии

| Номер участка | Длина участка, м | Средняя скорость на участке, м/с | Диаметр воздуховода, мм | $H_{пп}$, Па | $H_{м1}$, Па (при $y_m=1,1$) | $H_{м2}$, Па (при $y_m=0,2$) | eH , Па |
|---------------|------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1, 13 | 1 | 2 | 125 | 0,776 | 5,337 | 0,970 | 7,084 |
| 2, 14 | 2,5 | 2 | 140 | 1,733 | 5,337 | 0,970 | 8,040 |
| 3, 15 | 2 | 3 | 160 | 2,729 | 12,009 | 2,183 | 16,921 |
| 4, 16 | 2 | 3 | 180 | 2,426 | 12,009 | 2,183 | 16,618 |
| 5, 17 | 2,5 | 4 | 180 | 5,391 | 23,484 | 0,000 | 28,875 |
| 6, 18 | 2 | 5 | 200 | 6,065 | 33,358 | 6,065 | 45,488 |
| 7, 19 | 2,5 | 6 | 225 | 9,704 | 48,035 | 8,734 | 66,472 |
| 8, 20 | 2,5 | 7 | 280 | 10,614 | 71,919 | 11,887 | 94,420 |
| 9, 21 | 3 | 8 | 315 | 14,787 | 85,395 | 15,526 | 115,709 |
| 10, 22 | 7 | 9 | 355 | 38,748 | 108,078 | 19,651 | 166,477 |
| 11, 23 | 4 | 10 | 400 | 24,260 | 133,430 | 24,260 | 181,950 |
| 12, 24 | 4 | 11 | 450 | 26,093 | 161,450 | 29,355 | 216,898 |
| 25 | 10 | 11 | 450 | 32,616 | 80,725 | 14,677 | 128,019 |
| 26 | 6 | 12 | 560 | 18,715 | 96,070 | 17,467 | 132,252 |
| | | | | | | | 1225,222 |

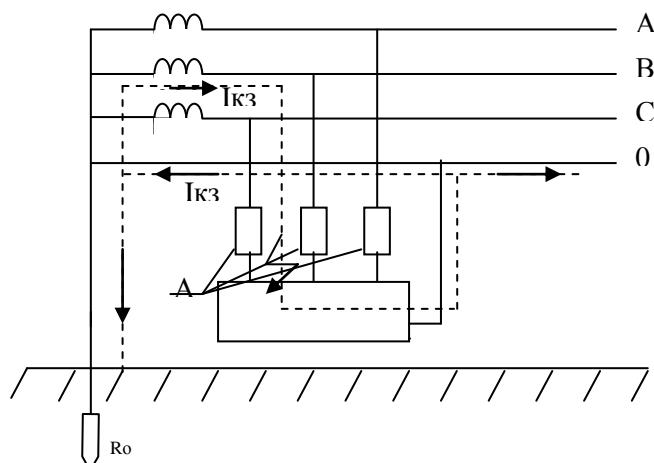
3.2 Расчет зануления электрооборудования ремонтно-механического цеха

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.

Принципиальная схема зануления приведена на рисунке 3.2. 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 $Z_T/3$, фазного проводника Z_{ϕ} , нулевого защитного проводника Z_n , внешнего индуктивного сопротивления петли фаза – ноль X_{π} , и заземления нейтрали трансформатора R_0 .



А- аппарат защиты (предохранитель или автоматический выключатель); R_0 - заземление нейтрали.

Рисунок 3.2 - Принципиальная схема сети переменного тока с занулением

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 3.3.

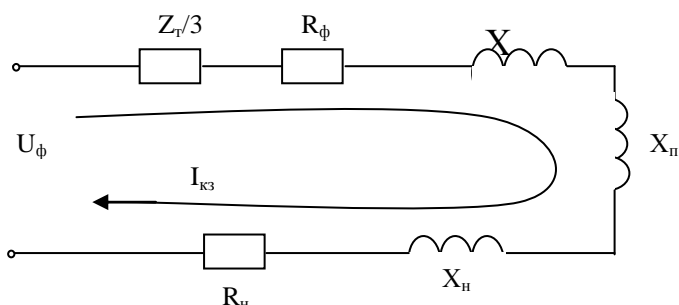


Рисунок 3.3 - Упрощенная схема зануления

В этом случае выражение короткого замыкания $I_{кз}$ (А) в комплексной форме будет [18]:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_M / 3 + Z_{\phi} + Z_n + jX_n), \quad (3.7)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В

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

$Z_{\phi} = R_{\phi} + jX_n$ -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:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_M / 3 + Z_n) \quad (3.8)$$

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 $Z_T / 3$ 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:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_n)^2} , \text{ Ом} \quad (3.9)$$

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

$$K \cdot I_n \leq U_{\phi} / (Z_T / 3 + \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_n)^2}) \quad (3.10)$$

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, $K = 1,25$.

Расчет зануления цеха.

1. Данные для расчета:

напряжение сети – 0,38 кВ;

мощность трансформатора – 1000 кВА;

мощность наиболее удаленного ЭП № 7(автомат) $P = 10$ кВт;

длина кабеля от ТП до ШРА-1, $L_1 = 150$ м;

длина шинпровода ШРА-1, $L_2 = 48$ м;

длина провода от ШРА-1 до станка, $L_2 = 20$ м.

2. Схема замещения приведена на рисунке 3.3.

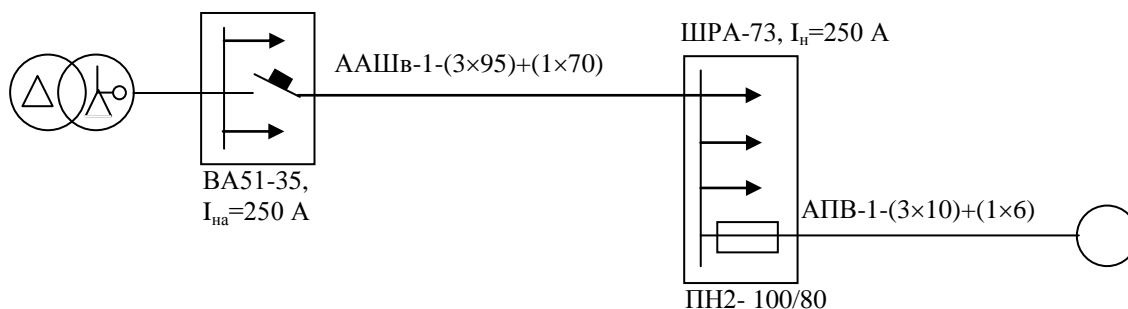


Рисунок 3.3

3. Определение токов нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I_{дв} = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,6} = 25,3 \text{ A}$$

$$I_{рпв} = \frac{K_n \times I_{дв}}{K_r} = \frac{5 \times 23,4}{2} = 126,5 \text{ A}$$

$I_{нпв} = 200 \text{ A}; I_{на} = 250 \text{ A}.$

4. Определение полных сопротивлений элементов цепи:

а) сопротивление трансформатора для группы соединения Δ/Y_0 – 11-
 $Z_T = 0,27 \text{ Ом}$

б) сопротивление кабеля, при сечении фазной жилы 50 мм^2 и нулевой 35 мм^2 $Z_{пфо} = 1,8 \text{ Ом/км}$

$$Z_n = Z_{пфо} \times L_1 = 1,8 \times 0,15 = 0,27 \text{ Ом};$$

в) сопротивление провода при сечении фазной жилы 4 мм^2 и нулевой 4 мм^2 $Z_{пфо} = 18,52 \text{ Ом/км}$

$$Z_n = Z_{пфо} \times L_2 = 18,52 \times 0,02 = 0,37 \text{ Ом}$$

5. Определение тока КЗ:

$$I_{к1} = \frac{220}{\frac{0,027}{3} + 0,27} = 0,788 \text{ кА}$$

$$I_{к2} = \frac{220}{\frac{0,027}{3} + 0,27 + 0,37} = 0,338 \text{ кА}$$

6. Определение кратности тока

$$\frac{I_{кз}}{I_{на}} = \frac{788}{160} = 4,92$$

$$\frac{I_{кз}}{I_{нпв}} = \frac{338}{100} = 3,38$$

условие $I_{кз} \geq I_n \times K$, где $K_a = 1,25$; $K_{пв} = 3$, то $788A > 160 \times 1,25 = 200A$ и $338A > 3 \times 100 = 300A$

7. Определение времени срабатывания аппарата защиты: плавкой вставки определяется по защитной характеристике плавкой вставки /5/, а для автомата принимается из справочника. В данном случае при токе КЗ 338 А и номинальном токе плавкой вставки 100А время отключения аппарата защиты 0,15 секунд. Время отключения автоматического выключателя – 0,2 секунды.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$$U_{к1} = I_{кз} \times Z_{н1} = 0,788 \times 0,12 = 94 \text{ В},$$

где $Z_{н1}$ – сопротивление нулевой жилы кабеля, $Z_{н1} = R_{н1}$, так как величина внутреннего индуктивного сопротивления $X_{н1}$ алюминиевого проводника сравнительно мала (около 0,0156 Ом/км).

$$R_{н1} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,028 \times 150}{35} = 0,12 \text{ Ом}$$

где ρ – удельное сопротивление алюминиевой жилы принимается равной 0,028 Ом×мм²/м [18];

S – сечение жилы, мм²;

L – длина проводника, м.

$$U_{к2} = I_{кз} \times (Z_{н2} + Z_{н3}) = 630 \times (0,09 + 0,012) = 64,2 \text{ В},$$

где $Z_{н3}$ – сопротивление нулевого провода, $Z_{н3} = R_{н3}$

$$R_{н2} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,028 \times 20}{6} = 0,09 \text{ Ом},$$

Ток, проходящий через тело человека, равен:

$$I_{h1} = \frac{U_{к1}}{R_h} = \frac{94}{1000} = 94 \text{ мА}$$

$$I_{h2} = \frac{U_{к2}}{R_h} = \frac{64,2}{1000} = 64,2 \text{ мА}$$

Согласно [18] такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия соответственно 0,5 и 1,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя и предохранителя не превышает допустимых величин.

4 Экономическая часть

Бизнес-план системы электроснабжения комбината стройиндустрии

4.1 Цели разработки проекта

Цель разработки проекта: строительство подстанции 110/10 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 10 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии комбинату стройиндустрии данного района со стороны 10 кВ.

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

Для строительства ГПП создается АО «ЭНЕРГЕТИК» для передачи электроэнергии по тарифу, ниже действующего, чтобы создать конкуренцию на розничном рынке по передаче электроэнергии.

Целью создания АО – является питание комбината, а также получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителей.

Анализ рынка сбыта.

В связи с выявленным дефицитом в энергоснабжении потребителей Талды-Курганского района, предполагается, что сооружение ЛЭП позволит АО реализовать дополнительную электроэнергию потребителям.

Период строительства данного объекта составляет около 30 лет.

Тарифы на электроэнергию.

Так как АО «ЭНЕРГЕТИК» занимается энергообеспечением, поэтому оценка результатов производственной деятельности образуется от продажи выработанной электроэнергии на объект.

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

4.2 План производства

Программа отпуска электроэнергии и срок строительства подстанции.

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

В соответствии с нормами освоения введенных энерго мощностей, была определена программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции, ГПП для комбината стройиндустрии на 2013 год при коэффициенте загрузки равному 80%, будет составлять 38643148,6 кВт ч. На 2014-2015 года

увеличение мощности для комбината стройиндустрии не запланировано, то поступление электроэнергии в сеть останется неизменной.

Организационный план

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

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

Ремонт будет осуществляться с помощью персонала специализированных ремонтных организаций.

Юридический план

АО «ЭНЕРГЕТИК» занимается покупкой и продажей электроэнергии. Особо сложные ремонтные работы выполняются с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций.

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

Экологическая информация

Экологическая ситуация в районе была уже предусмотрена при проектировании комбината стройиндустрии.

4.3 Расчет технико-экономических показателей подстанции

Определение капитальных вложений в строительство подстанции.

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

- РУ 110 и 10 кВ;
- трансформаторы ТМН-6300-110/10;
- постоянная часть затрат.

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

$$K_{\text{п/ст}} = \sum K_i + K_{\text{пост}}, \text{ млн.тенге}, \quad (4.1)$$

где $\sum K_i$ - расчетные стоимости выбранного оборудования;

$K_{\text{пост}}$ - постоянная часть затрат по подстанции, включающая в себя строительные-монтажные и пусконаладочные работы.

Капитальные затраты на выбранное оборудование:

Капитальные затраты на трансформатор ГПП:

$$K_{\text{тр.ГПП}} = N \cdot K_{\text{тр}} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ млн.тенге}$$

где $N = 2$ шт. - количество трансформаторов

$K_{\text{тр}} = 100$ млн. тенге - стоимость трансформатора

Капитальные затраты на выключатели:

$$K_{\text{В1-В4}} = N \cdot K_{\text{В}} = 4 \cdot 40 = 160 \text{ млн.тенге}$$

где $K_{\text{В}} = 40$ млн. тенге - стоимость одного выключателя

$N = 4$ шт. - количество выключателей

Капитальные затраты на разъединители:

$$K_{\text{р1-р4}} = N \cdot K_{\text{р}} = 4 \cdot 20 = 80 \text{ млн.тенге}$$

где $K_{\text{р}} = 20$ млн. тенге - стоимость одного разъединителя

$N = 4$ шт. - количество разъединителей

Капитальные затраты на ограничители перенапряжения:

$$K_{\text{ОПН}} = N \cdot K_{\text{ОПН}} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ млн.тенге}$$

где $K_{\text{р}} = 10$ млн. тенге - стоимость одного ОПН

$N = 4$ шт. - количество ОПН

Суммарные капитальные затраты на выбранное оборудование:

$$\sum K_i = 200 + 160 + 80 + 40 = 480 \text{ млн. тенге}$$

Постоянная часть затрат:

$$K_{\text{пост}} = 0,3 \sum K_i = 0,3 \cdot 480 = 144 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные затраты на сооружение подстанции:

$$K_{\text{П/СТ}} = 480 + 144 = 624 \text{ млн.тенге}$$

Капитальные затраты на ЛЭП

$K_{ЛЭП} = l \cdot K_{ЛЭП} = 4,3 \cdot 20 = 86 \text{ млн.тенге}$ где $K_{ЛЭП} = 20$
млн. тенге - стоимость 1 км (с учетом строительных работ, оборудования)
 $l = 4.3 \text{ км}$ – длина ЛЭП

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта составят:

$$K_{ЭС} = K_{П/СТ} + K_{ЛЭП} = 624,0 + 86 = 710 \text{ млн. тенге}$$

Себестоимость

Стоимость электроэнергии:

$T = 14 \text{ тенге/кВтч}$ – тариф за электроэнергию

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

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

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

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

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

$$K_{\text{п/ст}} = 200,000 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж ЛЭП:

$$K_{\text{ЛЭП}} = 33,325 \text{ млн. тенге}$$

Суммарные капитальные вложения подстанции и ЛЭП:

$$\sum K_{\text{п/ст, ЛЭП}} = 200,000 + 33,325 = 233,325 \text{ млн. тенге}$$

АО «ЭНЕРГЕТИК» может получить прибыль по двум составляющим:

а) услуга за передачу электроэнергии

б) по виду деятельности (т.е. АО выступает в виде гарантированного поставщика электроэнергии предприятию)

а) Услуга за передачу электроэнергии

Затраты на амортизацию оборудования:

$$Z_{\text{ам}} = \sum K_{\text{п/ст, ЛЭП}} \times N\%, \text{ млн. тенге} \quad (4.2)$$

$$Z_{ам} = 710,0 \times 0,04 = 24,96 \text{ млн. тенге}$$

где $H_{\%} = 2 \div 4\%$ - норма амортизации [20].

Эксплуатационные затраты [20]:

$$Z_{другие} = Z_{з/п} + Z_{обсл.} + Z_{ам} + Z_{с/э} + Z_{админ.} + Z_{прочие} = 100 \% \quad (4.3)$$

где $Z_{з/п}$ – затраты на заработную плату персонала

$Z_{обсл.}$ – затраты на обслуживание п/ст и ЛЭП

$Z_{ам}$ – затраты на амортизацию

$Z_{с/э}$ – затраты на эксплуатацию

$Z_{админ.}$ – административные затраты

$Z_{прочие}$ – прочие затраты

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

Тогда суммарные затраты на передачу электроэнергии составят

$$\sum Z_{передача} = (24,96 \times 1) / 0,35 = 71,31 \text{ млн. тенге}$$

Затраты на передачу электроэнергии:

$$S = \frac{\sum Z_{передача}}{\mathcal{E}_{год}} \quad (4.4)$$

$$S = \frac{71,31}{64,26} = 1,1 \text{ тенге/кВт*ч}$$

где $\mathcal{E}_{год} = 9206,1 \times 7000 = 64,26$ млн.кВт*ч – годовое энергопотребление предприятия.

б) Вид деятельности – определим доход

Доход от прогнозируемого объема передачи электроэнергии комбинату стройиндустрии АО «ЭНЕРГЕТИК» составит

$$V_{АО \text{ «ЭНЕРГЕТИК»}} = T \times \mathcal{E}_{год} = 14 \times 64,26 = 899,64 \text{ млн. тенге}$$

Из прогнозируемой выручки АО «ЭНЕРГЕТИК» произведет следующие выплаты:

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$4 \times 64,26 = 257,04 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты национальным электрическим сетям составят:

$$1 \times 64,26 = 64,26 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$6 \times 64,26 = 385,56 \text{ млн. тенге}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$Pr = 899,64 - 256,04 - 64,26 - 385,56 = 193,78 \text{ млн. тенге}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$ЧPr = Pr(1 - 0,2) = 193,78 \times 0,8 = 155,024 \text{ млн. тенге}$$

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

Система оценок делится на две группы:

1 Дисконтированные оценки или временные оценки. Они включают в себя:

- a) ЧПС (NPV) - чистая приведенная стоимость (чистый приведенный эффект, чистый приведенный доход, чистая приведенная прибыль);
- b) ИРИ (PI) - индекс рентабельности инвестиций;
- c) ВНП (IRR) - внутренняя норма прибыли (внутренняя норма доходности. Норма окупаемости);
- d) МВНП (MIRR) - модифицированная норма прибыли;
- e) ДСОИ (DPP) - дисконтированный срок окупаемости инвестиций;

2 Простые оценки:

- f) СОИ (PP) - срок окупаемости инвестиций;
- g) КЭИ (ARR) - коэффициент эффективности инвестиций.

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

Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для АО «ЭНЕРГЕТИК» составит [18]:

$$PP = \frac{\sum K_{n/ст., ЛЭП}}{Pr} \quad (4.5)$$

$$PP = \frac{710,0}{155,024} = 4,6 \text{ года.}$$

Определение NPV (чистой текущей стоимости).

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

4.4 Чистая приведенная стоимость

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (4.6)$$

где CF – ежегодные денежные поступления;

n - годы реализации проекта;

I_0 - полные суммарные инвестиции;

r – процентная ставка

Таблица 4. 1 - Результаты расчета чистой текущей стоимости

| Годы | CF, млн. тенге | r (10%) | Текущая стоимость |
|------|----------------|---------|-------------------|
| 0 | -710 | 1 | -233,325 |
| 1 | 155,024 | 0,909 | 140,917 |
| 2 | 155,024 | 0,826 | 128,050 |
| 3 | 155,024 | 0,751 | 116,423 |
| 4 | 155,024 | 0,683 | 105,881 |
| 5 | 155,024 | 0,621 | 96,270 |
| 6 | 155,024 | 0,564 | 87,434 |
| 7 | 155,024 | 0,513 | 79,527 |
| | | | NPV=44,502 |

Вывод: Целью разработки проекта являлось строительство подстанции 110/10 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 10 кВ. Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии комбинату стройиндустрии данного района со стороны 110 и 10 кВ. Для строительства подстанции, передачи электроэнергии по тарифу, который ниже действующего, создается АО «ЭНЕРГЕТИК». Целью создания является получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителя. Капитальные вложения в подстанцию составили 710,0 млн.тенге. Затраты на амортизацию составили 24,96 млн. тенге. Чистая прибыль за вычетом налога 20% составила 155,024 млн. тенге. Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для АО «ЭНЕРГЕТИК» составил 4,6 года. Для реализации проекта организация брала кредит с процентной ставкой равной 10 %. В итоге с учетом дисконтирования срок окупаемости составил 7 лет.

Заключение

Данный дипломный проект посвящен проектированию электроснабжения комбината стройиндустрии. В работе были получены следующие основные результаты.

При заданном числе электроприемников и их мощности методом «упорядоченных диаграмм»: определена суммарная нагрузка по комбинату напряжением 0,4 кВ: $S_p=9458,3$ кВА. Выбрано 10 цеховых трансформаторов типа ТСЗ(Л)-1000/10. А так же произведена компенсация реактивной мощности на 0,4 кВ с помощью низковольтных батарей конденсаторов типа УК-0,4-300-150У3. Определена нагрузка по комбинату напряжением 10 кВ на шинах ГПП с учетом подключенных к шинам ГПП СД, потерь в трансформаторах ТП: $S_{p\text{ зав}}=10068,4$ кВА.

В проекте рассмотрены три варианта схем внешнего электроснабжения комбината, на напряжение 110, 35 и 10 кВ. И из них выбран наиболее рациональный с экономической и технической точки зрения, которым является первый вариант питания комбината, где электроэнергия передается по ЛЭП 110 кВ. Для этого варианта были выбраны трансформаторы ГПП типа ТМН-6300/110 и воздушная линия марки АС-70.

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

В дипломном проекте так же был рассмотрены вопросы эксплуатации электрооборудования распределительных устройств.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» был составлен экологический паспорт предприятия. Был произведен расчет вентиляции и зануления цеха.

В экономической части дипломного проекта была произведена расчет бизнес-плана системы электроснабжения комбината стройиндустрии, в которм были посчитаны капитальные затраты на строительство ЛЭП и подстанции ГПП, которые составили 710 млн. тенге и был посчитан срок окупаемости, который составил 4,6 года.

Список литературы

1. Бозжанова Р.Н., Живаева О.П. Сборник заданий. Методические указания к выполнению курсового проекта (часть 1,2) для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2005, 2006.
2. Живаева О.П., Тергеусизова М.А. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2009.
3. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.
4. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения. – М.: «Академия», 2011.
5. Гужов Н.П. Системы электроснабжения. – Ростов-на/Д.: «Феникс», 2011.
6. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. – М.: «Форум», 2010.
7. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: «Форум-Инфра-М», 2010.
8. Маньков В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения. – СПб.: «Электросервис», 2010.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.
10. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.
11. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: «Высшая школа», 2008.
12. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан. – Алматы, 2007.
13. Киреева Э.А. Современные комплектные трансформаторные подстанции и распределительные устройства напряжением 6(10) – 35/0,4 кВ. – М.: «НТФ Энергопрогресс, Энергетик», 2007.
14. Ерошенко Г.П., Коломиец А.П. Эксплуатация электрооборудования. – М.: «КолосС», 2005.
15. Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.
16. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «Высшая школа» 2002.
17. Экология и безопасность жизнедеятельности. Под редакцией доктора физ.-мат.наук, чл.-корр. РЭА, профессора Л.А.Муравья. Издательство Юнитидап, 2000.
18. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.

Приложение А

Все расчеты были произведены с помощью программы Microsoft Excel.

| Расчет осветительной нагрузки | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|--------|---------|----------|-------|----------|----------|------------|----------|----------|
| № по плану | Наименование производственного помещения | Размеры помещ. | | Площадь | ρ_0 | K_c | P_{y0} | P_{p0} | $\cos\phi$ | $tg\phi$ | Q_{p0} |
| | | Длина | Ширина | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | Склады заполнителей | 168 | 24 | 4032 | 0,01 | 0,6 | 40,32 | 24,19 | 0,9 | 0,5 | 12,10 |
| 2 | Склад цемента | 44 | 32 | 1408 | 0,01 | 0,6 | 14,08 | 8,45 | 0,9 | 0,5 | 4,22 |
| 3 | Завод минеральных изделий | 52 | 72 | 3744 | 0,018 | 0,8 | 67,39 | 53,91 | 0,9 | 0,5 | 26,96 |
| 4 | Дробильно-сортировочная установка | 44 | 44 | 1936 | 0,018 | 0,8 | 34,85 | 27,88 | 0,9 | 0,5 | 13,94 |
| 5 | Открытый полигон ж/б изделий | 108 | 24 | 2592 | 0,015 | 0,8 | 38,88 | 31,10 | 0,9 | 0,5 | 15,55 |
| 6 | Плотнично-опалубочная мастерская | 40 | 12 | 480 | 0,015 | 0,8 | 7,20 | 5,76 | 0,9 | 0,5 | 2,88 |
| 7 | Цех металлоконструкций | 32 | 64 | 2048 | 0,016 | 0,8 | 32,77 | 26,21 | 0,9 | 0,5 | 13,11 |
| 8 | Установка гашения извести | 24 | 24 | 576 | 0,014 | 0,8 | 8,06 | 6,45 | 0,9 | 0,5 | 3,23 |
| 9 | Компрессорная | 32 | 24 | 768 | 0,013 | 0,7 | 9,98 | 6,99 | 0,9 | 0,5 | 3,49 |
| 10 | Мастерская стройтермоизоляции | 36 | 8 | 288 | 0,015 | 0,8 | 4,32 | 3,46 | 0,9 | 0,5 | 1,73 |
| 11 | Котельная | 64 | 16 | 1024 | 0,013 | 0,7 | 13,31 | 9,32 | 0,9 | 0,5 | 4,66 |
| 12 | Электроремонтный цех | 36 | 24 | 864 | 0,016 | 0,8 | 13,82 | 11,06 | 0,9 | 0,5 | 5,53 |
| 13 | Управление комбината | 36 | 96 | 3456 | 0,02 | 0,9 | 69,12 | 62,21 | 0,9 | 0,5 | 31,10 |
| 14 | Арматурный цех | 32 | 120 | 3840 | 0,016 | 0,8 | 61,44 | 49,15 | 0,9 | 0,5 | 24,58 |
| 15 | авод крупнопанельного домостроени | 132 | 36 | 4752 | 0,014 | 0,8 | 66,53 | 53,22 | 0,9 | 0,5 | 26,61 |
| 16 | Завод ж/б изделий | 52 | 16 | 832 | 0,014 | 0,8 | 11,65 | 9,32 | 0,9 | 0,5 | 4,66 |
| 17 | Завод ячеистых бетонов | 40 | 60 | 2400 | 0,015 | 0,8 | 36,00 | 28,80 | 0,9 | 0,5 | 14,40 |
| 18 | Завод гипсошлаковых перекрытий | 60 | 28 | 1680 | 0,015 | 0,8 | 25,20 | 20,16 | 0,9 | 0,5 | 10,08 |
| 19 | Завод шифера | 208 | 40 | 8320 | 0,015 | 0,8 | 124,80 | 99,84 | 0,9 | 0,5 | 49,92 |
| 20 | База механизации | 120 | 24 | 2880 | 0,015 | 0,8 | 43,20 | 34,56 | 0,9 | 0,5 | 17,28 |
| 21 | Бетонно-растворный завод | 104 | 68 | 7072 | 0,014 | 0,8 | 99,01 | 79,21 | 0,9 | 0,5 | 39,60 |
| 22 | Освещение территории | 600 | 400 | 185008 | 0,002 | 1 | 370,02 | 370,02 | 0,9 | 0,5 | 185,01 |

Рисунок А.1 Расчет осветительной нагрузки

Приложение Б

Все расчеты были произведены с помощью программы Microsoft Excel.

| Расчет силовых нагрузок по цехам завода | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------|------------------------|-----------|-------------------|----|------|------|------|-------------|-----------|----|------|--------------------|----------|---------|-------|
| № по плану | Наименование цеха | Кол-во ЭП n | Установленная мощность | | | m | Ki | cosφ | tgφ | Сред. мощн. | | Iз | Km | Расчетные нагрузки | | | I, A |
| | | | Pmin, кВт | Pmax, кВт | Суммарная Pн, кВт | | | | | Pсм, кВт | Qсм, квар | | | Pр, кВт | Qр, квар | Sp, кВА | |
| 1 | Склады заполнителей | 30 | 1 | 25 | 310 | >3 | 0,25 | 0,60 | 1,33 | 77,5 | 103,3 | 25 | 1,4 | 108,5 | 103,3 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 24,19 | 12,10 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 132,7 | 115,4 | 175,9 | 267,5 |
| 2 | Склад цемента | 15 | 1 | 20 | 420 | >3 | 0,25 | 0,60 | 1,33 | 105 | 140,0 | 15 | 1,5 | 157,5 | 140,0 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 8,45 | 4,22 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 165,9 | 144,2 | 219,9 | 334,4 |
| 3 | Завод минеральных изделий | 75 | 1 | 30 | 220 | >3 | 0,4 | 0,75 | 0,88 | 88 | 77,6 | 15 | 1,23 | 108,2 | 77,6 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 53,91 | 26,96 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 162,2 | 104,6 | 192,9 | 293,5 |
| 4 | Дробильно-сортировочная установка | 23 | 10 | 35 | 450 | >3 | 0,6 | 0,75 | 0,88 | 270 | 238,1 | 23 | 1,15 | 310,5 | 238,1 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 27,88 | 13,94 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 338,4 | 252,1 | 421,9 | 641,8 |
| 5 | Открытый полигон ж/б изделий | 35 | 1 | 25 | 330 | >3 | 0,3 | 0,70 | 1,02 | 99 | 101,0 | 26 | 1,28 | 126,7 | 101,0 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 31,10 | 15,55 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 157,8 | 116,6 | 196,2 | 298,4 |
| 6 | Плотнично-опалубочная мастерская | 12 | 1 | 10 | 80 | >3 | 0,3 | 0,70 | 1,02 | 24 | 24,5 | 12 | 1,52 | 36,5 | 24,5 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 5,76 | 2,88 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 42,2 | 27,4 | 50,3 | 76,6 |
| 7 | Цех металлоконструкций | 45 | 1 | 55 | 1100 | >3 | 0,4 | 0,80 | 0,75 | 440 | 330,0 | 40 | 1,15 | 506,0 | 330,0 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 26,21 | 13,11 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 532,2 | 343,1 | 633,2 | 963,2 |
| 8 | Установка гашения извести | 6 | 10 | 20 | 90 | <3 | 0,5 | 0,70 | 1,02 | 45 | 45,9 | 6 | 1,51 | 68,0 | 50,5 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 6,45 | 3,23 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 74,4 | 53,7 | 91,8 | 139,6 |
| 9 | Компрессорная | 15 | 10 | 40 | 30 | >3 | 0,65 | 0,80 | 0,75 | 19,5 | 14,6 | 2 | 1,46 | 28,5 | 16,1 | | |
| | а) силовая нагрузка | | | | | | | | | | | | | 6,99 | 3,49 | | |
| | б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 35,5 | 19,6 | 40,5 | 61,6 |

Рисунок Б.1 Расчет силовых нагрузок по цехам