

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения завода технологической оснастки

Студент

А.В. Шилимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Горохов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

Электрооборудование промышленных предприятий проектируется, в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и другими руководящими документами. Проектирование системы электроснабжения является достаточно сложной инженерной задачей. От правильности принятых технических решений зависит надежность и экономичность функционирования. Основной задачей проектирования системы электроснабжения является правильности выбора схем, оборудования, устройств защиты в зависимости от категории надежности электроприемников.

Объектом исследования является система электроснабжения завода технологической оснастки, имеющих потребителей электрической энергии 2 и 3 категории надежности и различный профиль нагрузки.

Целью данной работы является разработка надежной, безопасной, удобной в эксплуатации, а также обеспечивающей надлежащее качество электроэнергии системы электроснабжения завода.

Содержание расчетной работы включает в себя следующие вопросы:

- описание объекта электроснабжения;
 - расчет электрических нагрузок;
 - выбор числа и мощности трансформаторов;
 - разработку схемы распределения электрической энергии и выбор сечений кабельных линий, удовлетворяющих техническим и экономическим требованиям;
 - выбор схемы электроснабжения;
 - выбор современного электротехнического оборудования;
 - защита оборудования от аварийных режимов.
- Бакалаврская работа выполнена на 43 страницах, содержит 8 рисунков, 6 таблиц, 22 источника литературы. Графическая часть представлена 6 чертежами формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретические аспекты проектирования.....	5
1.1 Характеристика объекта проектирования.....	5
1.2 Выбор схемы электроснабжения.....	9
1.3 Выбор питающего напряжения проектируемой системы электроснабжения.....	11
2 Проектирование электроснабжения объекта	13
2.1 Расчет нагрузки электроприемников.....	13
2.2 Выбор номинального напряжения.....	18
2.3 Расчет и выбор силовых трансформаторов ГПП.....	18
2.4 Выбор оптимального числа цеховых трансформаторов.....	20
2.5 Обоснование и выбор схемы электроснабжения ТП.....	24
3 Расчет токов короткого замыкания и выбор проводников.....	31
3.1 Расчет токов короткого замыкания.....	31
3.2 Проверка кабелей на напряжение 10 кВ на термическую стойкость к токам короткого замыкания.....	35
3.3 Монтаж питающих кабелей.....	37
Заключение.....	40
Список используемых источников.....	41

Введение

Электрическая энергия является наиболее распространённым видом энергии, так как её главным преимуществом являются возможность передачи на дальние расстояния, а также возможность преобразования в другие виды энергии.

В распределительном сетевом комплексе электроэнергетики проектирование или техническое перевооружение и реконструкция действующего электрооборудования энергообъекта нацелено на соответствие потребностей энергоснабжения электропотребителей, совершенствование работы электроэнергетической системы и сети, устранение возможной перегрузки оборудования и сети, а также уменьшение потерь электроэнергии и снижение токов замыкания на «землю» и токов короткого замыкания.

Внедрение передовых проектных решений обеспечивает надежное и качественное электроснабжение потребителей, требуемый необходимый уровень процессов производств, экономическую целесообразность, соблюдение экологических аспектов, а также возможность ремонта выбранного оборудования. [1]

Проектирование схем электроснабжения предприятия необходимо выполнять в соответствии с актуальными нормативно-техническими документами, а также их соответствия требованиям «Правил устройства электроустановок» [17], и других отраслевых норм и инструкций.

При проектировании должно быть обеспечено:

- Надежное и качественное электроснабжение потребителей.
- Внедрение передовых проектных решений.
- Эффективность техник-технологических процессов.
- Экономическая целесообразность.
- Соблюдение требований экологической безопасности и охраны окружающей среды.
- Ремонтопригодность применяемого оборудования и конструкций.

1 Теоретические аспекты проектирования

1.1 Характеристика объекта проектирования

Проектирование выполняется с учетом действующих норм и правил к организации электроснабжения, ее правильному функционированию и к обеспечению пожарной безопасности.

По степени надежности электрообеспечения электроприемники проектируемых помещений завода относятся к электропотребителям II и III категории.

Электроприемники II категории – это электроприемники, прерывание электроснабжения которых может привести к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. [13]

Электроприемниками третьей категории называются все остальные электроприемники, не подходящие под определение вышеизложенных. Для их электроснабжения достаточно одного их источников питания, при условии, что перерывы в электроснабжении достаточно одного из источников питания при условии, что перерывы в электроснабжении, необходимые для ремонта или замены поврежденного аппарата, не превышают суток.

Электроснабжение завода технологической оснастки осуществляется от понижающей подстанции 35/10 кВ ГПП-1 по линиям электропередачи 110 кВ связанной с энергосистемой. Подстанция 35/10 кВ ГПП-1 предназначена для питания бытовых и производственных электроприемников, располагается на расстоянии 3 км от завода. Ток короткого замыкания на шинах 35 кВ ПС составляет 5,4 кА в максимальном режиме и 4,2 кА в минимальном режиме.

Электроснабжение потребителей электроэнергии завода осуществляется от трансформаторных подстанций, установленных на

территории производства. Трансформаторы считаются самыми надежными элементами электрической системы. По сравнению с другими видами электрического и электромеханического оборудования они отличаются более высокой надежностью в эксплуатации.

Исходными данными для проектирования электроснабжения являются:

- Суммарная установленная мощность электроприемников согласно задания.
- Основная категория потребители 2-я и 3-я категорий по надежности электроснабжения.
- Коэффициент мощности зависит от типа электроприемников;
- Напряжение внешнего электроснабжения: 10/0,4 кВ;
- Ток короткого замыкания в точке присоединения к шинам 10 кВ ПС 35 ГПП-1 $I_{кз} = 5,4/4,2$ кА в максимальном и минимальном режиме соответственно.

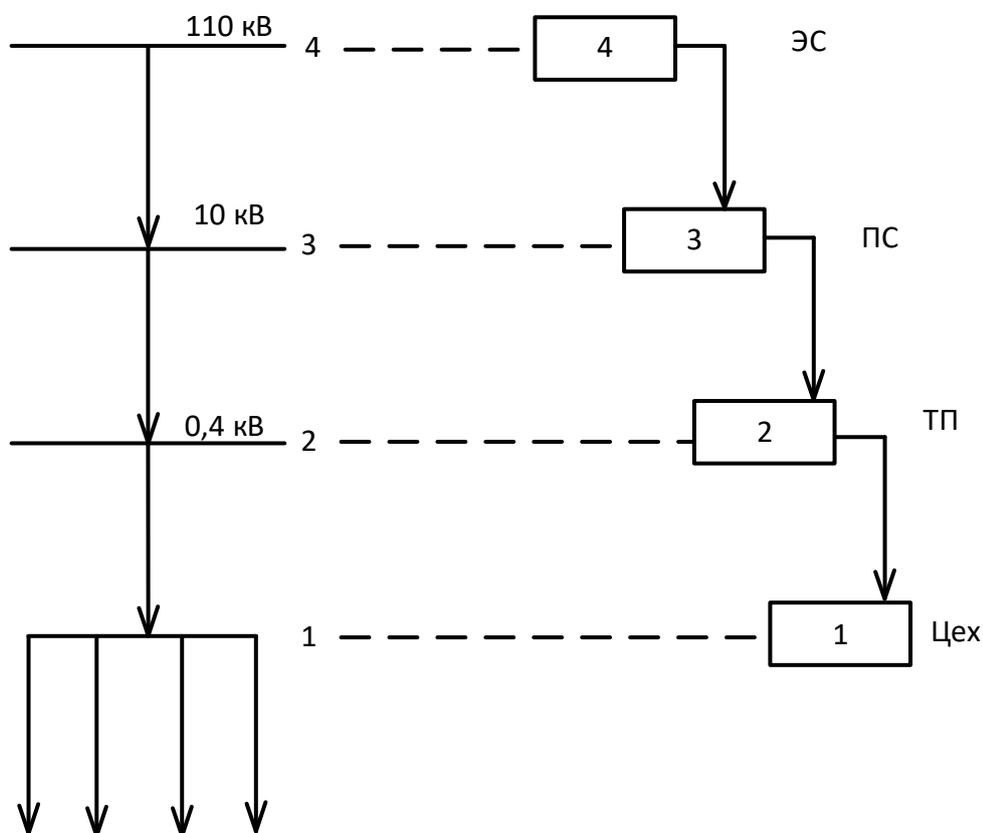
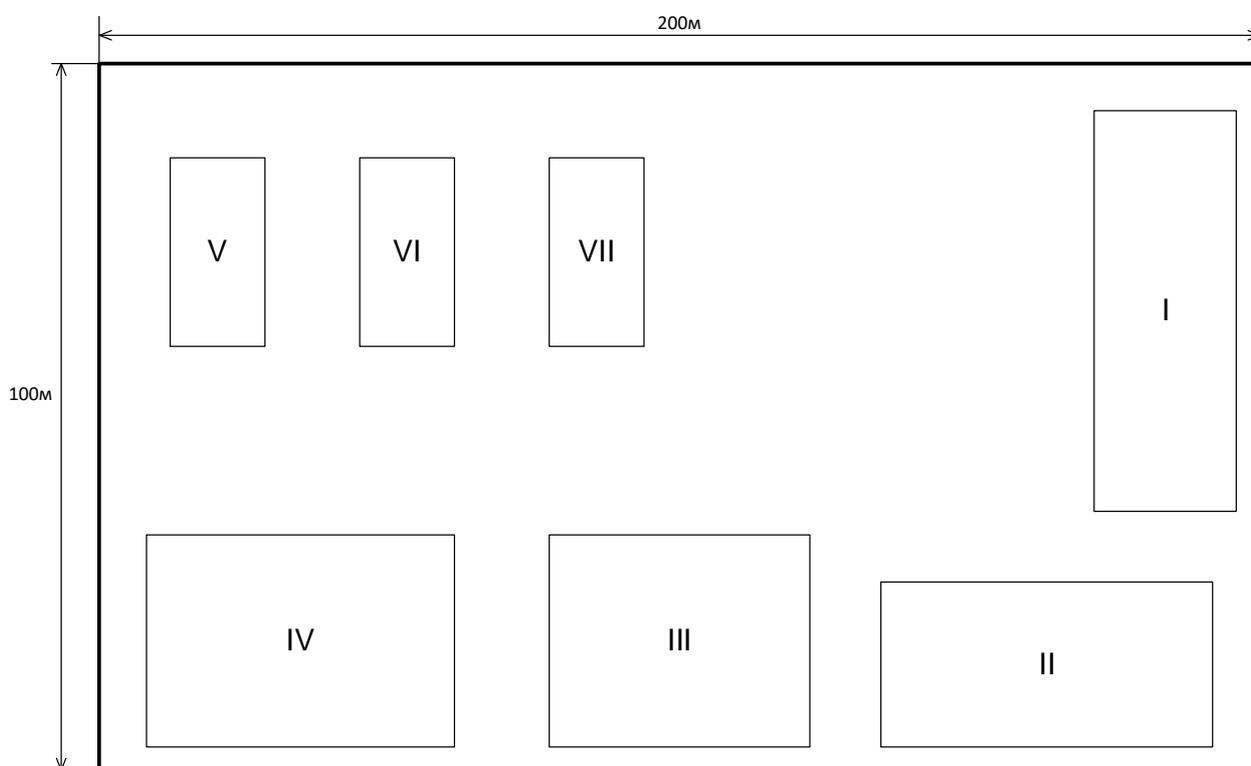


Рисунок 1 - Схема энергоснабжения цехов

Завод технологической оснастки производит изготовление металлических деталей по чертежам заказчика, одно из приоритетных направлений работы. Для выполнения поставленных задач располагает современной технической базой. В обязательном порядке проводится нормирование механической обработки деталей по чертежам, что позволяет добиться максимальной эффективности. Главная особенность такой обработки сохранение физико-химических свойств металла, изменению подлежат только размеры и конфигурация заготовки. Metalloobrabotka фундаментальная основа для разнообразных технологических процессов.

Завод успешно занимается проектированием и производством оснастки и металлообрабатывающего инструмента для предприятий различных отраслей, инструментальной оснасткой для станков с ЧПУ и обрабатывающих центров. Территория завода имеет размеры 100*200м. Схема расположения цехов завода изображена на рисунке 2.



I - Административный корпус; II – Склад; III - Механический цех; IV - Кузнечно-термический цех; V – Электроцех; VI - Сварочный цех; VII - Покрасочный цех.

Рисунок 2 - Схема расположения цехов

Административный корпус предназначен для размещения управляющего предприятием персонала заводоуправления – руководство предприятия, начальники отделов и цехов, бухгалтерии, кассы, рекламного отдела, залов заседаний и т. д. [16]

Склад предназначен для обеспечения товарно-материальными ценностями производства, а именно: размещения готовой продукции, а также для хранения материалов и оборудования необходимых для изготовления технологической оснастки, запасных частей для ремонта основного оборудования и т.п.

В механическом цехе на станках выполняется механическая обработка металла. Станки в зависимости от типа и условия работы подразделяются на лезвийные, работающие с режущими инструментами, такими как фрезы, резцы и сверла, а также абразивные - шлифовальные, заточные и полировальные круги.

Станки, применяемые на предприятии, имеют разнообразное оборудование, это универсальные станки с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением, а также автоматический конвейеры и станки с числовым программным управлением.

Кузнечно-термический цех выполняет множество функций связанных с термической обработкой металла, а также связанных с химической обработкой изделий. К основным операциям, производимых в данном участке, относятся: «обжиг и закалка, нормализация и цементация, с нагревом в печах с токами высокой частоты и различные виды отпуска». Участок выполняет надобности всего производственного процесса. В состав кузнечно-термического цеха входят отдельные независимые участки - кузнечный и термический [3].

Электроцех обеспечивает производство электроэнергии и отвечает за энергообеспечение предприятия. Осуществляет монтаж и ремонт электрооборудования; прокладку линий электропередач, проводит текущий и средний ремонты оборудования, механизмов и приспособлений во всех

подразделениях, обслуживает электродвигатели, ремонтирует электрооборудование завода, а также производит работы по автоматизации управления электрооборудованием.

В сварочном цехе производится сварка и резка металла, изготовление необходимых металлических конструкций и приспособлений, основной электрической нагрузкой сварочного цеха являются сварочные аппараты, освещение и вентиляция.

Покрасочный цех необходим для заключительного этапа изготовления оборудования обеспечения его окраски. Основной электрической нагрузкой цеха являются компрессоры, сушильные печи и камеры, освещение и вентиляция [20].

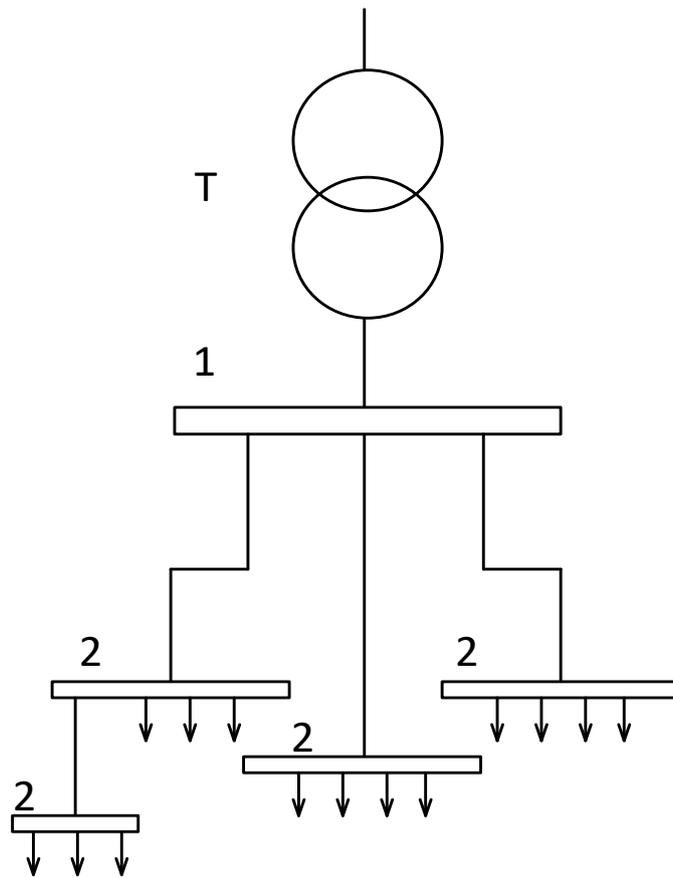
1.2 Выбор схемы электроснабжения

Для выполнения расчёта силовой части электрической сети производится выбор схемы электроснабжения, для которых применяются:

Радиальные схемы электроснабжения.

При радиальной схеме электроснабжения потребители электроэнергии присоединяются непосредственно к источникам электроэнергии (распределительные щиты и шкафы) напрямую. При этом каждый электроприемник подключается к источнику электроснабжения своим кабелем. Таким образом, кабельные линии прокладываются к ТП или РЩ по «радиусам» ко всем одиночным потребителям или к РЩ для запитания нескольких электроприемников. Достоинством данной схемы является высокая надёжность.

К каждому распределительному шкафу подходит одиночная кабельная линия, и в распределительном устройстве 0,4 кВ подключается к общим шинам через свой автомат. Данная схема электроснабжения приемников электроэнергии характеризуется особой надёжностью, но при этом наиболее затратная. Радиальная схема питания распределительных нагрузок показан на рисунке 3.



1- распределительный пункт подстанции;
 2- распределительный силовой пункт.

Рисунок 3 - Радиальная схема питания распределительных нагрузок

- Магистральные схемы электроснабжения

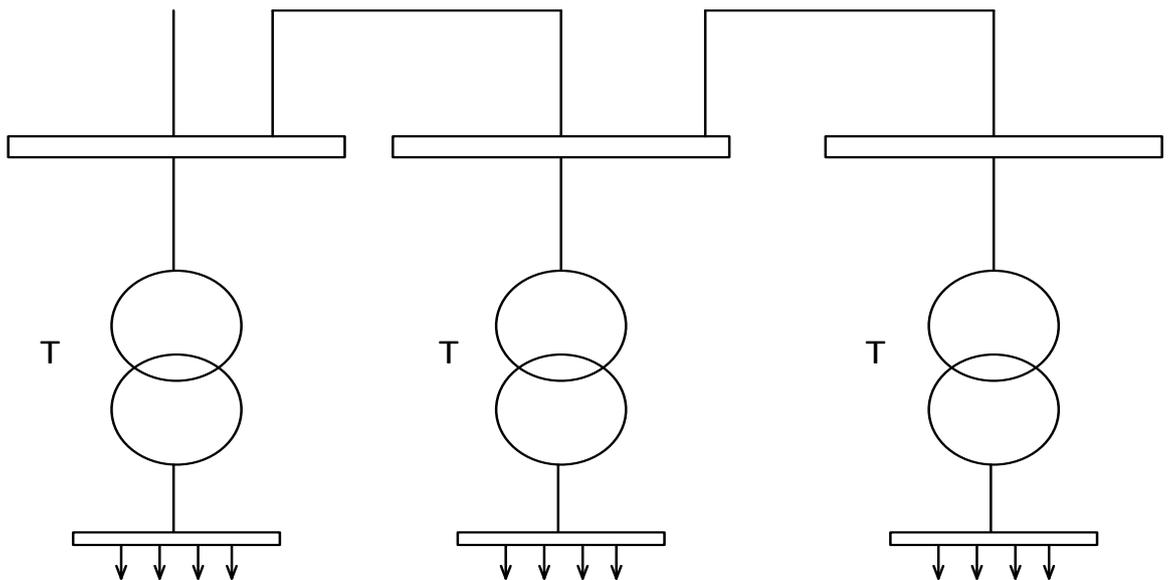


Рисунок 4 - Магистральная схема питания распределительных нагрузок

При получении питания по магистральной схеме потребители питаются от общей секции. Данная схема проста и экономически мало затратная, но при этом данная схема наименее надёжна и взаимно зависимая при работе потребителей.

1.3 Выбор питающего напряжения проектируемой системы электроснабжения

Основной задачей электроснабжения является обеспечение потребителей электроэнергией. Для создания бесперебойного электроснабжения процесса производства, существующие сети электропитания производств должны иметь высокую надёжность и определённую гибкостью, соответствовать требуемым показателям нормирования качества электроснабжения, быть эффективными, удобными в технической эксплуатации и соответствовать нормам и требованиям экологической, пожарной и электрической безопасности [22].

При проектировании систем электроснабжения важным вопросом является выбор оптимального уровня напряжения и необходимой схемы электрической сети, т.к. данные значения характеризуют параметры линии электроснабжения и тип выбираемого коммутационного и другого оборудования подстанции и эл.сетей, а, также размеры денежных затрат, необходимые потери электроэнергии и расходы на эксплуатацию. Требования, которые предъявляются к схеме сети электроснабжения, а также ее параметры в том числе во многом зависят от номинальной мощности и категории надёжности электроприемников. Предприятия, потребляющие большое, среднее и малое количество электроэнергии требуют надёжную схему электроснабжения.

Номинальное напряжение сетей во многом зависит от общей номинальной мощности, от расстояния от источника электроэнергии, количества потребителей и их мощности.

Питание осветительных и силовых сетей при уровне напряжении 0,4-0,22 кВ необходимо выполнять от одних трансформаторов, если выполняются необходимые нормы качества электроэнергии.

Так как источником электроэнергии приемников является понижающая подстанция, на которой установлены трансформаторы с низким напряжением 0,4 кВ, то целесообразно в качестве питающего напряжения низковольтных электроприемников принять напряжение 380 В [6].

Нормирование качества электроэнергии у потребителя электроэнергии – является одной из ответственных задач, которые необходимо выполнить при выполнении проектирования, а также при техническом обслуживании сетей электроснабжения. Для оптимальной работы потребителей электроэнергии требуется, качественное электроснабжение сети, а также соответствие нормированным показателям требуемых по ГОСТ 13109-77 [5].

Согласно ПУЭ, напряжение у наиболее удаленного электроприемника должно быть не ниже 95% от номинального, напряжение на источнике должно быть на 5% выше номинального [12].

2 Проектирование электроснабжения объекта

2.1 Расчет нагрузки электроприемников

Расчет электрических нагрузок на основе исходных данных, необходим для, точного выбора составляющих элементов электрической сети и обеспечить их безопасную эксплуатацию.

Расчет мощности нагрузки является одним из главных пунктов проектирования, на основании которых далее выполняется выбор силовых трансформаторов, рассчитываются сечения проводов и кабелей выполняется расчет защитных устройств. [9]

Увеличение расчетных значений мощности может быть чревато большими затратам на выполнение сетей, снижение мощности может привести к неправильному выбору оборудования. Точный расчет мощности электрических нагрузок предполагает, надежную и экономичную работу с минимальными потерями электроэнергии. Излишнее увеличение расчётных электрических нагрузок влечет за собой рост капитальных затрат и неполное использование дорогостоящего материала, и увеличение расхода электроэнергии [18].

Для дальнейшего выбора кабелей и аппаратов защиты для каждого электрооборудования цеха рассчитаем токи нагрузки.

Электроприемники делятся на группы и питаются от силовых или распределительных шкафов. Разделение на группы выполняют таким образом, чтобы исходя из плана расположения электрооборудования и таким образом, для обеспечения максимальной экономичности сети электроснабжения.

Вычисление полной потребляемой мощности производится на основании исходных данных потребления цехов.

Активная мощность нагрузки определяется [19] по формуле 1:

$$P_c = P_{\text{ном}} \cdot K_{\text{и}} \quad (1)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность, кВт;
 $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования нагрузки.

Реактивная мощность нагрузки по формуле 2:

$$Q = P_c \cdot \text{tg}\varphi \quad (2)$$

где P_c – полная активная мощность, кВт;
 $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

Коэффициент реактивной мощности определяется по формуле 3:

$$\text{tg}\varphi = \sqrt{\frac{1 - \cos^2\varphi}{\cos^2\varphi}} \quad (3)$$

где $\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

Активная мощность нагрузки 4:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4)$$

где P – активная мощность, кВт;
 Q – реактивная мощность, кВАр.

Определим активную мощность:

$$P_{c_{\text{№1}}} = 850 \cdot 0,6 = 510 \text{ кВт}$$

$$P_{c_{\text{№2}}} = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ кВт}$$

$$P_{c_{\text{№3}}} = 1200 \cdot 0,8 = 960 \text{ кВт}$$

$$P_{c_{\text{№4}}} = 2000 \cdot 0,5 = 1000 \text{ кВт}$$

$$P_{C_{\text{№5}}} = 780 \cdot 0,75 = 585 \text{ кВт}$$

$$P_{C_{\text{№6}}} = 210 \cdot 0,6 = 126 \text{ кВт}$$

$$P_{C_{\text{№7}}} = 160 \cdot 0,4 = 64 \text{ кВт}$$

Коэффициент реактивной мощности

$$\text{tg}\varphi_{1,2} = \sqrt{\frac{1-0,96^2}{0,96^2}} = 0,29$$

$$\text{tg}\varphi_{3,7} = \sqrt{\frac{1-0,9^2}{0,9^2}} = 0,48$$

$$\text{tg}\varphi_4 = \sqrt{\frac{1-0,78^2}{0,78^2}} = 0,88$$

$$\text{tg}\varphi_5 = \sqrt{\frac{1-0,85^2}{0,85^2}} = 0,62$$

$$\text{tg}\varphi_6 = \sqrt{\frac{1-0,84^2}{0,84^2}} = 0,63$$

Реактивная мощность нагрузки:

$$Q_1 = 510 \cdot 0,29 = 148 \text{ Мвар}$$

$$Q_2 = 120 \cdot 0,29 = 34,8 \text{ Мвар}$$

$$Q_3 = 960 \cdot 0,48 = 460,8 \text{ Мвар}$$

$$Q_4 = 1000 \cdot 0,88 = 880 \text{ Мвар}$$

$$Q_5 = 585 \cdot 0,62 = 362,7 \text{ Мвар}$$

$$Q_6 = 126 \cdot 0,62 = 78 \text{ Мвар}$$

$$Q_7 = 64 \cdot 0,48 = 30,7 \text{ Мвар}$$

Полная мощность нагрузки:

$$S_1 = \sqrt{510^2 + 148^2} = 551 \text{ МВА}$$

$$S_2 = \sqrt{120^2 + 34,8^2} = 125 \text{ МВА}$$

$$S_3 = \sqrt{960^2 + 460,8^2} = 1065 \text{ МВА}$$

$$S_4 = \sqrt{1000^2 + 880^2} = 1332 \text{ МВА}$$

$$S_5 = \sqrt{585^2 + 362,7^2} = 688 \text{ МВА}$$

$$S_6 = \sqrt{126^2 + 78^2} = 148 \text{ МВА}$$

$$S_7 = \sqrt{64^2 + 30,7^2} = 71 \text{ МВА}$$

Полученные значения занесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Мощность электроприемников

Наименование цехов	Установленная мощность $P_{ном}$, кВт	Фактическая мощность P_c , кВт	Коэфф. мощности $\cos\varphi$	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент реактивной мощности, $tg\varphi$	Реактивная мощность, квар	Полная мощность, кВА
Административный корпус	850	510	0,96	0,6	0,29	148	551
Склад	200	120	0,96	0,6	0,29	34,8	125
Механический цех	1200	960	0,9	0,8	0,48	460,8	1065
Кузнечно-термический цех	2000	1000	0,78	0,5	0,88	880	1332
Электроцех	780	585	0,85	0,75	0,62	362,7	688
Сварочный цех	210	126	0,84	0,6	0,63	78	148
Покрасочный цех	160	64	0,9	0,4	0,48	30,7	71
ИТОГО	5400	3365				1995	3980

По рассчитанным данным и занесенным в таблицу 1 определены параметры мощности электроприемников. Всего потребителям необходимо 3980 кВА, наибольшим потребителем полной, активной и реактивной мощности является «Кузнечно-термический цех», наименьшим «Покрасочный цех».

2.2 Выбор номинального напряжения

Номинальное напряжение – один из главных параметров электрической схемы электроснабжения, который характеризует ее размер, а также мощность. Основным параметром для определения наиболее приемлемого уровня напряжения, а также и других параметров сетей электроснабжения, это - экономичность, создание с минимальными вложениями и затратами на техническое обслуживание [14].

При определении оптимального уровня напряжения внешней сети электроснабжения применяем формулу Стилла:

$$U \geq 4,34 \cdot \sqrt{l+16P} \quad (5)$$

где l - расстояние от источника питания, км;

P - передаваемая мощность, равная нагрузке предприятия, отнесенная к шинам 10 кВ ГПП

$$U \geq 4,34 \cdot \sqrt{3+16 \cdot 3,98} = 35$$

Соответственно питание трансформаторов ГПП осуществляется от системы с номинальным напряжением 35 кВ, низкое напряжения подстанции 10 кВ.

2.3 Расчет и выбор силовых трансформаторов ГПП

При выборе типа и мощности силового трансформатора необходимо принимать во внимание возможность краткосрочного превышения (до 40%) установленной мощности трансформатора в период осуществления режима работы, который отвечает наибольшим предельным нагрузкам. Также при подборе силового трансформатора необходимо учитывать присоединенную мощность.

Нагрузка потребителей ПС 35/10 кВ составляет: $S = 3980$ МВА

Для обеспечения надежности потребителей на ПС 35/10 кВ устанавливаются два трансформатора. Мощность трансформатора рассчитывается по условию.

Расчетная мощность трансформатора по формуле 6:

$$S_{н.т} \geq 0,7 \cdot S_{вн} \quad (6)$$

где $S_{н.т}$ – номинальная мощность трансформатора;

S_{max} – максимальная мощность нагрузки.

Расчетная мощность трансформатора:

$$S_{нт} = 0,7 \cdot 3,98 = 2,78 \text{ МВА}$$

Из стандартного ряда мощностей выбран трансформатор с мощностью:

$$S_{ном} = 4 \text{ МВА}$$

Коэффициент загрузки в послеаварийном определяется по формуле 7:

$$K_{з.ар} = \frac{S_{max}}{S_{нт}} < 1,4 \quad (7)$$

где $K_{з.ар}$ – коэффициент загрузки в послеаварийном режиме.

$$K_{з.ар} = \frac{3,98}{4} = 0,99$$

При проведении плановых ремонтов, а также в аварийном режиме, в случае отключения трансформатора, оставшийся в работе должен обеспечить надежное электроснабжение потребителей с учетом перегрузочной способности и номинальной мощности. Расчетные значения удовлетворяют требованиям, поэтому приняты два трансформатора типа ТМН - 4000/35/10 кВ. Данные трансформатора приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Данные силовых трансформаторов ГПП

Тип трансформатора	$S_{ном}$, МВА	$U_{ном}$ ВН, кВ	$U_{ном}$ НН, кВ	U_k , %
ТМН-4000/35/10	4	35	10	9,5

За счет установки на подстанции двух трансформаторов достигается требуемая надежность электроснабжения потребителей.

2.4 Выбор оптимального числа цеховых трансформаторов

Цеховые трансформаторные подстанции выпускаются со стандартными номинальными мощностями от 100 до 2500 кВА.

Определение мощности силовых трансформаторов необходимо выполнять с применением экономического эффекта и режима работы, необходимого резервирования схемы электропитания потребителей. Электроприемники относятся ко второй и третьей категории

электроснабжения. В связи с этим на трансформаторном пункте необходимо установить два трансформатора.

Выбор трансформаторов выполняется из расчетной мощности потребителей. Тип трансформаторов определяется условиями эксплуатации.

Минимальное необходимое количество трансформаторов, на ТП, определяется категорией надёжности электроснабжения электроприемников, а их число – сводится к минимуму годовых затрат на схему сети электроснабжения [4,11,21].

Главная задача трансформаторных подстанций – это выполнение безаварийного питания потребителей. «Комплектная трансформаторная подстанция – это многофункциональная установка». В состав КТП входят распределительных устройства, трансформаторы, и множество другого дополнительного оборудования необходимого для выполнения функции понижения напряжения и распределение электрического тока из высоковольтных линий 6 (10) кВ в промышленные и бытовые схемы 0,4 кВ. В ТП выполняется электрический учет потреблённой электроэнергии, защита от ненормальных режимов и коротких замыканий и перегрузок. КТП 10/0,4 кВ необходимы для понижения напряжения до уровня 0,4 кВ, на котором выполняется электроснабжение бытовых и производственных электроприемников. Структурно, в состав ТП входит РУ ВН-6 или 10 кВ, трансформаторы, один или два, РУ НН-0,4 кВ. Количество трансформаторов на ТП обеспечивается категорией по надёжности электроснабжения потребителя. Схемы ТП могут отличаться схемами распределительных устройств, основные три вида схем РУ ВН разделяются при подключении её к радиальной сети, магистральной сети или к кольцевой сети.

Трансформаторные подстанции с одним трансформатором следует использовать при наличии потребителей, перерыв электроснабжения которых возможен на время необходимое для выполнения резервирования, осуществляемом оперативным персоналом.

Подстанции с 2-мя трансформаторами следует использовать при имеющихся потребителях 1-ой категории и наличии потребителей особой группы; «для сосредоточенной цеховой нагрузки и отдельно стоящих объектов общезаводского назначения (компрессорных и насосных станций)» для цехов с высокой удельной плотностью нагрузок

Для трансформаторных подстанций с двумя трансформаторами, один оставшийся должен обеспечить питание все потребителей 1-ой категории на время восстановления схемы.

Номинальную мощность трансформатора определяем по условию:

$$S_{\text{НОМ.Т}} = \frac{S_p}{n \cdot K_3} \quad (8)$$

где S_p – полная мощность кВА;

n – число трансформаторов;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора, $K_3 = 0,9$.

Определяем коэффициент загрузки в нормальном режиме:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{НОМ.Т}}} \quad (9)$$

где S_p – полная мощность предприятия, кВА;

n – количество трансформаторов;

$S_{\text{НОМ.Т}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

Определяем коэффициент загрузки трансформатора в аварийном и ремонтном режиме по формуле 10:

$$K_3 = \frac{S_p}{S_{\text{НОМ.Т}}} \quad (10)$$

Выбор выполняем исходя из ряда стандартных номинальных мощностей трансформаторов ($S_{н.тр.} : 25 \text{ кВА}$) при учете коэффициента загрузки. При этом коэффициент загрузки требуется находится в пределах значений $0,85 \dots 0,95$.

Определим мощность трансформатора по формуле 8:

Для потребителей 2 категории, которым является кузнечно-термический цех предварительно принимаем двух трансформаторную ТП, для остальных одно трансформаторную.

ТП №1:

$$S_{н.ом.т1} = \frac{551}{1 \cdot 0,9} = 612 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор $S_{н.ом} = 630 \text{ кВА}$

ТП №2:

$$S_{н.ом.т2} = \frac{125}{1 \cdot 0,9} = 139 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор $S_{н.ом} = 160 \text{ кВА}$

ТП №3:

$$S_{н.ом.т3} = \frac{1065}{1 \cdot 0,9} = 1183 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор $S_{н.ом} = 1200 \text{ кВА}$

ТП №4:

$$S_{н.ом.т4} = \frac{1332}{2 \cdot 0,9} = 740 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора $S_{н.ом} = 1000 \text{ кВА}$

Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме по формуле 9:

$$K_{3.4} = \frac{1065}{2 \cdot 1000} = 0,53$$

Определяем коэффициент загрузки трансформатора в аварийном и ремонтном режиме:

$$K_{3.a.4} = \frac{1065}{1000} = 1,06 < 1,4$$

Трансформатор удовлетворяет условиям выбора.

ТП №5:

$$S_{\text{НОМ.Т5}} = \frac{688}{1 \cdot 0,9} = 764 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор $S_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ кВА}$

ТП №6:

$$S_{\text{НОМ.Т6}} = \frac{148}{1 \cdot 0,9} = 164 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор $S_{\text{НОМ}} = 180 \text{ кВА}$

ТП №7:

$$S_{\text{НОМ.Т7}} = \frac{71}{1 \cdot 0,9} = 79 \text{ кВА}$$

Выбираем трансформатор $S_{\text{НОМ}} = 100 \text{ кВА}$

Таблица 3 – Выбор трансформаторов ТП

Наименование цехов	Полная мощность, кВА	Мощность ТП	Коэффициент загрузки
Административный корпус	551	630	0,9
Склад	125	160	0,9
Механический цех	1065	1200	0,9
Кузнечно-термический цех	1332	2*1000	0,53/1,06
Электроцех	688	1000	0,9
Сварочный цех	148	180	0,9
Покрасочный цех	71	100	0,9

Двух трансформаторные ТП применяются при преобладании электроприемников I и II категорий. При этом мощность трансформаторов выбирается такой, чтобы при выходе из работы одного другой трансформатор с учетом допустимой перегрузки принял бы на себя нагрузку всех потребителей (в этой ситуации можно временно отключить электроприемники III категории). Такие подстанции желательны и независимо от категории потребителей, но при наличии неравномерного суточного или годового графика нагрузки.

2.4 Обоснование и выбор схемы электроснабжения ТП

Выбор схемы электрических сетей распределения во многом зависит от мощности нагрузки и места ее расположения, плотности расположения оборудования предприятия, схем прохождения технологических и транспортных коммуникаций, места расположения на территории организации.

Наиболее экономичная схема сети электроснабжения завода выбирается исходя из условия минимизации затрат. Рассмотрим два варианта схемы электроснабжения завода.

Первый вариант электроснабжения на рисунке 5.

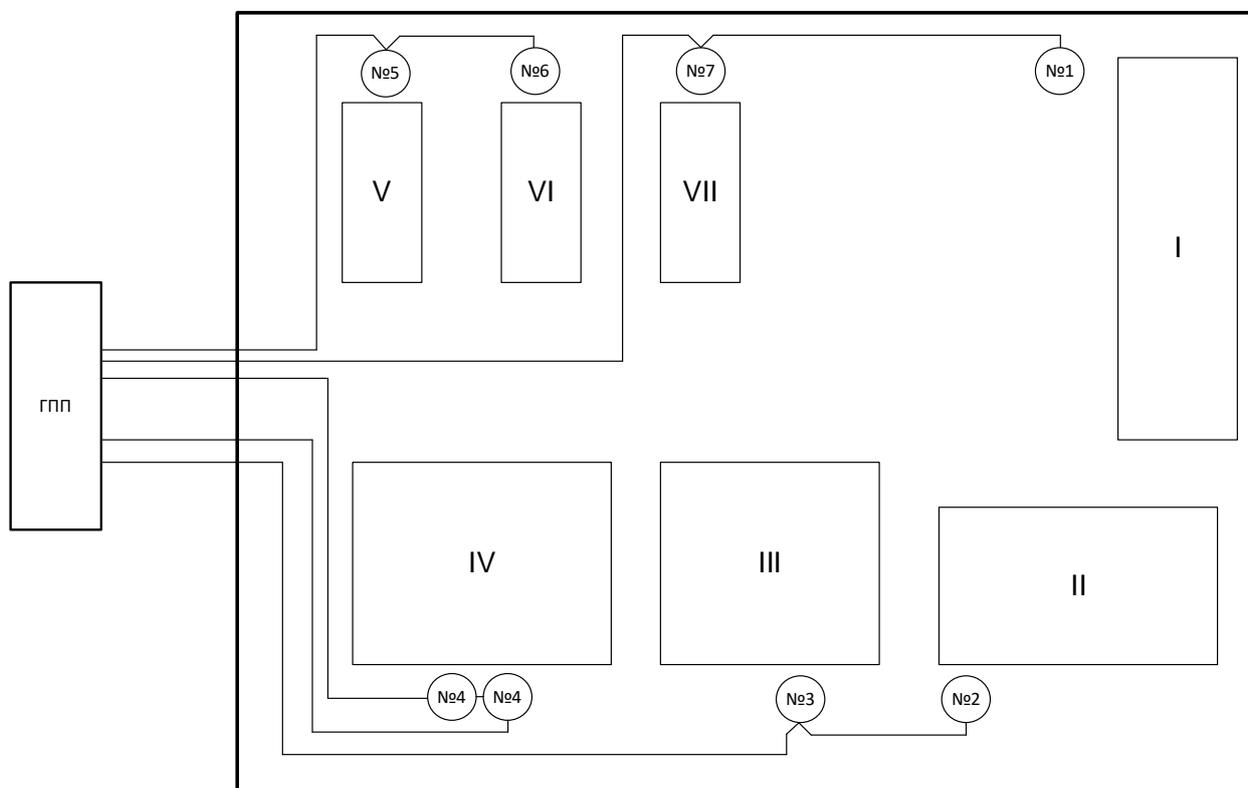


Рисунок 5 - Вариант №1 схемы электроснабжения завода

Выбор сечения КЛ вариант №1.

Определяем расчетный ток кабельной линии высокого напряжения в режиме, А:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} \quad (11)$$

По величине расчетного тока и экономической плотности тока рассчитаем сечение линии:

$$S = \frac{I_{\text{раб}}}{J_{\text{э}}} \quad (12)$$

где $j_э$ – экономическая плотность тока, А/мм². При годовом числе использования активной мощности $T_{\max} = 5000$ ч, $j_э = 1,1$ А/мм²

Сечение линии выбираем исходя из ряда стандартных значений кабеля.

$$I_{\text{НОМ.КЛ1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{551}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 30 \text{ А}$$

$$S_1 = \frac{30}{1,1} \geq 27 \text{ мм}^2 \quad \text{принимаем } S_{\text{каб}} = 35 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{125}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,8 \text{ А}$$

$$S_2 = \frac{34}{1,1} \geq 6,2 \text{ мм}^2 \quad \text{принимаем } S_{\text{каб}} = 16 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 74 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ3}} = \frac{S_3 + S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{125 + 1065}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 65,5 \text{ А}$$

$$S_3 = \frac{65,5}{1,1} \geq 60 \text{ мм}^2 \quad \text{принимаем } S_{\text{каб}} = 70 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 162 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ4}} = \frac{S_4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1332}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 29 \text{ А}$$

$$S_4 = \frac{29}{1,1} \geq 26 \text{ мм}^2 \quad \text{принимаем } S_{\text{каб}} = 35 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$$

$$I_{\text{ав.КЛ4}} = \frac{S_4}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1332}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 57 \text{ А}$$

Кабель удовлетворяет требуемым параметрам нагрузки.

$$I_{\text{НОМ.КЛ5}} = \frac{S_5 + S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{688 + 148}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 46 \text{ А}$$

$$S_5 = \frac{46}{1,1} \geq 42 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 50 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 134 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ6}} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{148}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 8 \text{ А}$$

$$S_6 = \frac{38}{1,1} \geq 7,4 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 16 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 74 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ7}} = \frac{S_7 + S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{551 + 71}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 34 \text{ А}$$

$$S_7 = \frac{34}{1,1} \geq 31 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 35 \text{ мм}^2 \quad I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$$

Выбор сечения КЛ вариант №2.

$$I_{\text{НОМ.КЛ1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{551}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 30 \text{ А}$$

$$S_1 = \frac{30}{1,1} \geq 27 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 35 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{125}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,8 \text{ А}$$

$$S_2 = \frac{34}{1,1} \geq 6,2 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 16 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ3}} = \frac{S_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1065}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 58 \text{ А}$$

$$S_3 = \frac{58}{1,1} \geq 53 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 70 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ4}} = \frac{S_4}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1332}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 57 \text{ А}$$

$$S_4 = \frac{57}{1,1} \geq 52 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 70 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ5}} = \frac{S_5}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{688}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 38 \text{ А}$$

$$S_5 = \frac{38}{1,1} \geq 34 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 35 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ6}} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{148}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 8 \text{ А}$$

$$S_6 = \frac{38}{1,1} \geq 7,4 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 16 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{НОМ.КЛ7}} = \frac{S_5}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{71}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 4 \text{ А}$$

$$S_7 = \frac{38}{1,1} \geq 3,4 \text{ мм}^2 \text{ принимаем } S_{\text{каб}} = 16 \text{ мм}^2$$

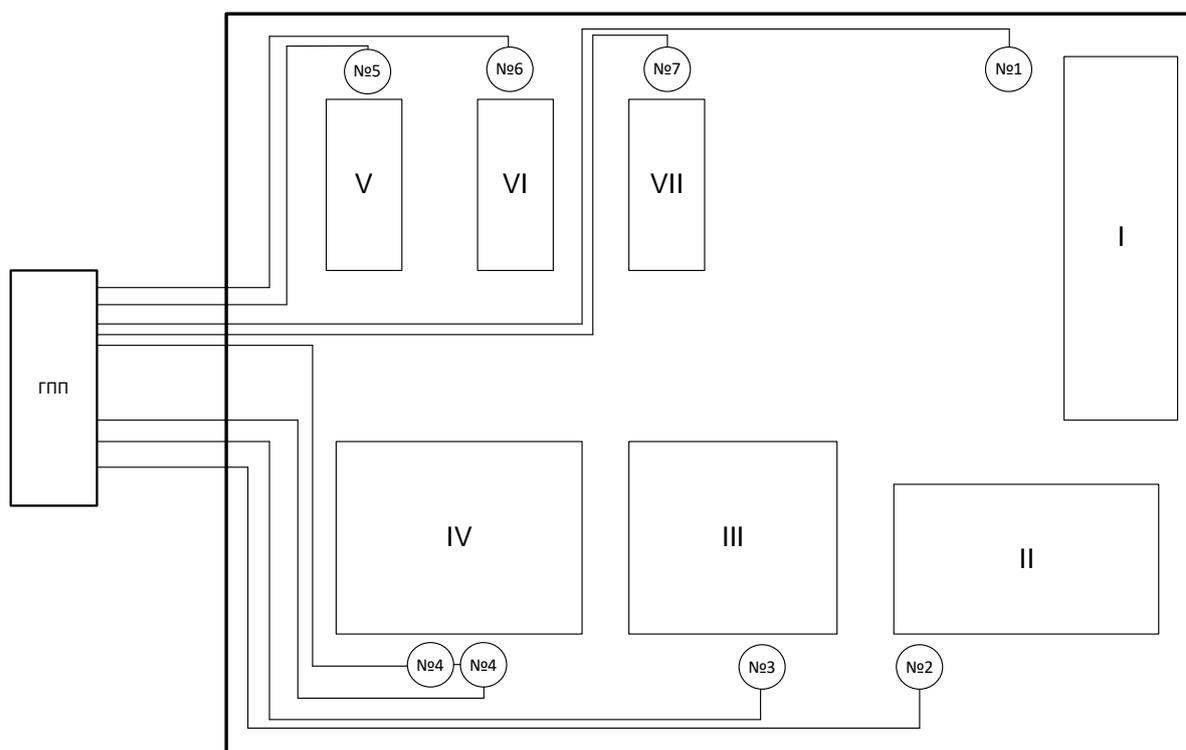


Рисунок 6 - Вариант №2 схемы электроснабжения завода

Таблица 4 - Стоимость кабеля по вариантам электроснабжения

Наименование цехов	Вариант 1				Вариант 2			
	Сечение КЛ, мм ²	Длина КЛ, м	Цена 1м кабеля, руб.	Стоимость Кабеля, Руб.	Сечение КЛ, мм ²	Длина КЛ, м	Стоимость 1м кабеля, руб.	Стоимость Кабеля, Руб.
Административный корпус	35	200	800	160 000	35	200	800	160 000
Склад	16	30	600	18000	16	160	600	96000
Механический цех	70	130	1200	156000	70	130	1200	156000
Кузнечно-термический цех	35	80	800	64000	35	80	800	64000
Электроцех	50	70	1000	70000	35	70	800	56000
Сварочный цех	16	20	600	12000	16	90	600	54000
Покрасочный цех	35	130	800	104000	16	130	600	78000
ИТОГО		660		584000		860		664000

Распределительные электрические сети завода, номинальным напряжением 10 кВ выполним и. Способ укладки кабельных линий принимаем в траншее, при наружной прокладке в лотке, при прокладке под автомобильной дорогой в трубах. Стоимость прокладки 1км. кабеля в траншее согласно требований нормативной документации составляет 650 тыс.руб.

Стоимость работ по прокладке кабеля составит:

$$C_{\text{общ}} = L \cdot C_{\text{пр}} \quad (13)$$

$$C_{\text{прокл1}} = 0,66 \cdot 650000 = 429000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{прокл2}} = 0,86 \cdot 650000 = 559000 \text{ руб.}$$

Таблица 5 - Техничко-экономическое сравнение вариантов электроснабжения

Наименование	Вариант 1	Вариант 2
Стоимость кабеля, Руб	584000	664000
Стоимость работ, руб	429000	559000
ИТОГО, руб	1013000	1223000
Амортизационные отчисления (2,4%), руб	24312	29352
Затраты на обслуживание (0,4%), руб	4052	4892
Всего	1041364	1257244

По приведенным затратам видно, что вариант №1 более экономичнее чем вариант №2 их приведенные затраты отличаются на 215880 руб. Исходя из этого для электроснабжения завода выбираем вариант №1.

3 Расчет токов короткого замыкания и выбор проводников

3.1 Расчет токов короткого замыкания

В электрических установках происходят короткие замыкания, которые "сопровождаются" резким скачком тока. В связи с этим оборудование, стоящее в схемах распределения электроэнергии, необходимо быть устойчиво к токам короткого "замыкания " и выбираться по расчетным значениям данных токов.

Виды короткого замыкания бывают:

- 3-х фазное когда три фазы схлестываются между собой;
- 2-х фазное две фазы схлестываются между без замыкания на землю;
- 1 фазное - одна фаза схлестываются на землю;
- двойное замыкание на землю – 2-е фазы схлестываются между землей и собой.

Главными позициями возникновения таких КЗ в системе может быть: нарушение изоляции оборудования электроустановки, ошибочные и неправильные действия работников, перекрытие токопроводящих частей.

Расчетные значения токов КЗ зависят в первую очередь от расчетной схемы и выбранных технических решений проектировщиком. Имея практический опыт, схемные значения утяжеляют, для выявления наиболее тяжелых условий и режимов работы энергосистемы. На выбранные значения влияют величины электрических сопротивлений в расчетных схемах замещения, которые в свою очередь зависят от имеющегося оборудования в системе, а также от выбранной схемы присоединения токопроводящих элементов. Данные ограничения накладывает завышенные требования к рассмотрению расчетных схем, требуемых для расчётов токов короткого замыкания.

Составим расчетную схему для расчетов токов КЗ рисунок 7

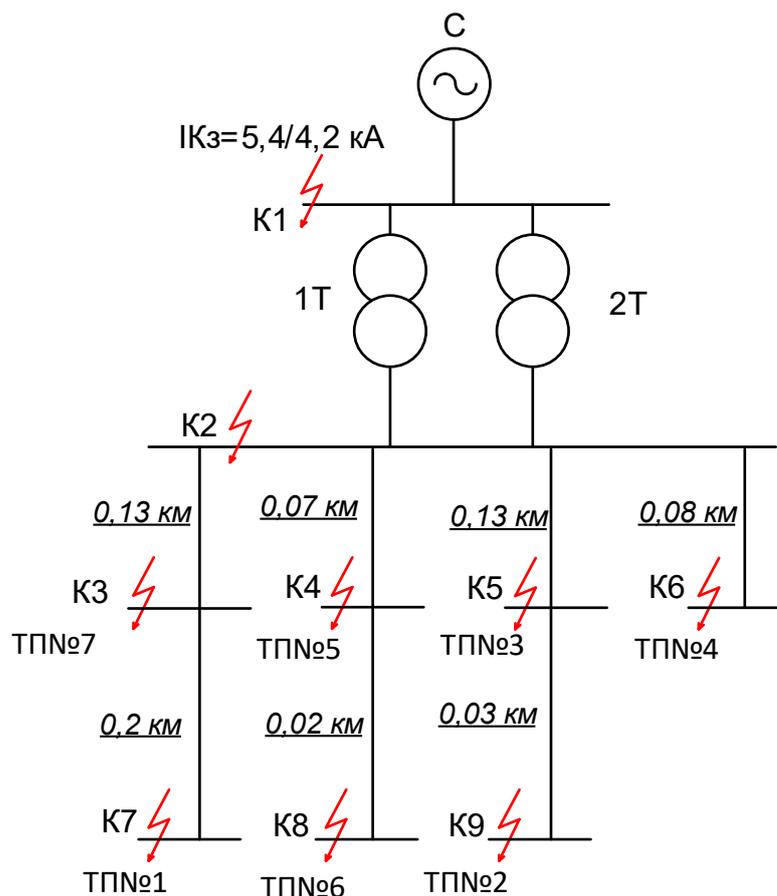


Рисунок 7 - Схема расчета токов КЗ

Расчет производится в следующей последовательности.

На основании разработанной структурной схемы электроустановки, с тем, что выбранные схемы электрических схем и способа работы трансформаторов – раздельный или параллельный, рисуется расчетная схема установки. Для этого на схеме обозначаются требуемые для расчета 3-х фазного короткого замыкания места КЗ. После расчетной схемы электрических соединений, рисуется схема замещения, на которой наносятся активные сопротивления всех имеющихся элементов электрической схемы.

Рассчитываются значения всех элементов сопротивлений, отображенных на расчетной схеме и схеме замещений в принятых - относительных или именованных единицах, потом они рисуются на схеме замещения.

Постепенным сворачиванием по отношению к намеченного для расчета места КЗ приводят схему замещения виду, где наиболее просто и наглядно отражается сопротивление цепи.

Проводимый расчет токов короткого замыкания требуется для правильного выбора электрооборудования, коммутационных аппаратов, проводов, и кабелей. Расчетные значения мощности нагрузки при рассмотрении токов короткого замыкания не берется в расчет.

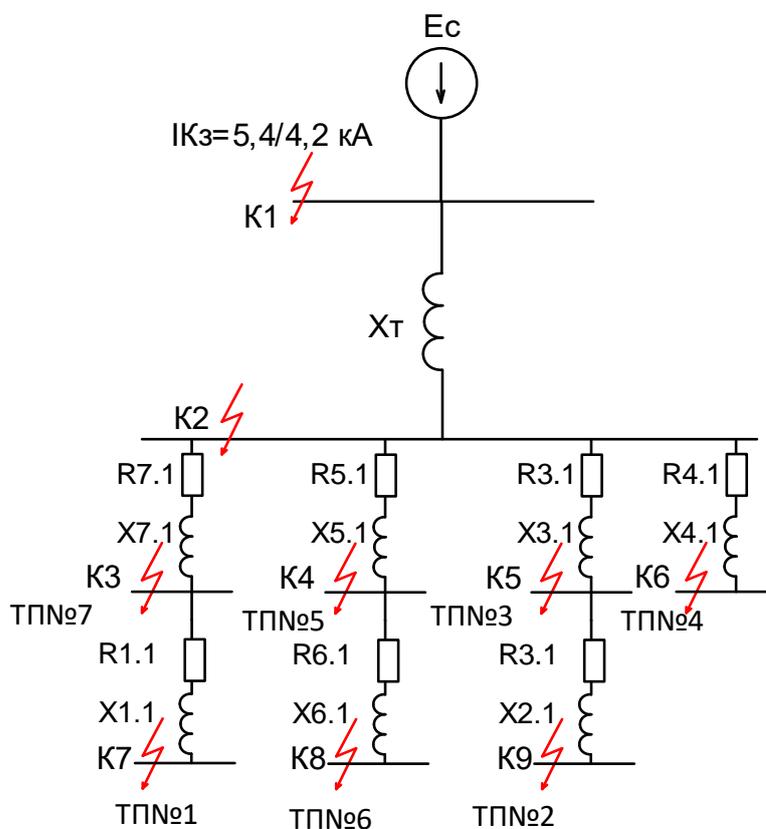


Рисунок 8 - Схема замещения для расчёта токов короткого замыкания

Сопротивление системы на шинах 35 кВ ПС:

$$X_c = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{КЗ}}} \quad (14)$$

$$X_{c.\text{max}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 5,4} = 3,7 \text{ Ом}$$

$$X_{c.мин} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 4,2} = 4,8 \text{ Ом}$$

Сопротивление трансформатора:

Определяем сопротивление трансформатора $X_{тр}$, Ом:

$$X_{тр} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{ном}} \quad (15)$$

где $S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, мВА;

U_k – напряжение короткого замыкания, %.

$$X_{тр.вн} = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{35^2}{4} = 29 \text{ Ом}$$

Расчет тока КЗ за трансформатором приведенное к ВН:

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot (X_c + X_{тр})}, \text{ кА} \quad (16)$$

Ток КЗ на стороне НН, приведенный к ВН в точке К2.

$$I_{кз.маx} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot (3,7 + 29)} = 0,6 \text{ кА}$$

$$I_{кз.мин} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot (4,8 + 29)} = 0,59 \text{ кА}$$

Переводим ток КЗ к стороне НН:

$$I_{кз.маx} = \frac{U_{вн}}{U_{нн}} \cdot I_{вн} \quad (17)$$

$$I_{кз.маx} = \frac{35}{10,5} \cdot 0,6 = 1,9 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$I_{уд1} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{кз} = \sqrt{2} \cdot 1,717 \cdot 1,9 = 4,56 \text{ кА} \quad (18)$$

где $K_{уд} = 1,717$ ударный коэффициент. Для упрощения расчетов можно использовать среднее значение, приведённое в таблице 3.8 «Электрооборудование станций и подстанций» Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин.

На термическую стойкость:

$$W_k = I_k^2 \cdot (t_0 + T_a), \text{кА}^2 \cdot \text{с} \quad (19)$$

где, t_0 - время отключения короткого замыкания:

$$t_0 = t_{рз} + t_{пв.откл} \quad (20)$$

$$t_0 = 1,0 + 0,05 = 1,05 \text{ с}$$

$$W_k = 1,9^2 \cdot (1,05 + 0,1) = 4,15 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

В связи с тем, что расстояния до ТП о ПС 35/10 кВ составляют несколько десятков метров то расчет токов КЗ на каждом ТП не целесообразен, а ток КЗ практически останется неизменным, поэтому в работе не производится дальнейший расчет токов КЗ.

3.2 Проверка кабелей на напряжение 10 кВ на термическую стойкость к токам короткого замыкания

В случае выбора сечения кабеля по условиям нормального и утяжеленного режимов работы, если сечение получается менее термически устойчивого $F_{тс}$, то сечение данного кабеля увеличиваем до следующего стандартного сечения по отношению к $F_{тс}$. И снова производим проверку.

Ток термической стойкости:

$$W_k = 1,9^2 \cdot (0,55 + 0,05) = 2,16 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

где C – коэффициент, зависящий от вида металла жил кабеля,

определяется по справочным данным, для кабеля с алюминиевыми жилами

$$C = 90 \frac{A \cdot c^{1/2}}{\text{мм}^2}.$$

Термически стойкое сечение для кабельных линий:

$$F_{\text{тс}} = \frac{\sqrt{B_k}}{90} \quad (21)$$

$$F_1 = \frac{\sqrt{2,16 \cdot 10^6}}{90} = 24 \text{ мм}^2$$

Проверка остальных кабельных линий производится аналогичным образом и корректируется, результаты сводим в таблицу 6.

Таблица 6 - Термически устойчивые сечения кабелей

Наименование цехов	Сечение КЛ, мм ²	I _к , кА	t _{пз} , с	t _в , с	T _А , с	B _к , кА ² ·с	F _{тс} , мм ²
Административный корпус	35	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	35
Склад	16	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	35
Механический цех	70	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	70
Кузнечно-термический цех	35	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	35
Электроцех	50	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	50
Сварочный цех	16	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	35
Покрасочный цех	35	1,9	0,5	0,05	0,05	2,16	35

По условия проверки термической стойкости кабелей 10 кВ выявлено несоответствие принятого сечения кабеля токам термической стойкости и произведено изменение сечения питающих кабелей для ТП2 и ТП6.

3.3 Монтаж питающих кабелей

Кабели прокладывают в земле, т.к это наиболее экономически выгодно. В земле кабельные линии не нагреваются внешними источниками, а их песчаная засыпка служит теплоотводящим материалом.

Технология прокладки кабеля в земле и выполнения монтажа кабельных линий предписаны «Правилами устройства электроустановок [12]» (ПУЭ). «Траншея должна быть выполнена на глубине не менее 70 см, а ширина траншеи не менее 20 см по дну «(это минимальные параметры для монтажа одного кабеля напряжением 10 кв. по требованиям ПУЭ)». Ширина траншеи сверху регламентируется требованиями СНиП и ПУЭ [12].

При выборе места прокладки, необходимо принимать во внимание тип грунта, глубину залегания подземных вод, также необходимо обходить места с имеющимся подвижным грунтом, так как в данном случае требуется оставлять большой запас кабеля для избежание обрыва при движении.

Выделяются основные, обязательные в большинстве случаев этапы работ:

- подготовка котлована для прокладки;
- подготовка к прокладке кабеля (осмотр траншеи, устройство постели);
- укладка кабеля (раскатка, ввод в здание);
- работы по защите поверхности кабеля;
- проверка изоляции и герметичности;
- засыпка траншеи;
- испытание и ввод в работу.

Все данные этапы работы требуется выполнять в соответствии с нормами изложенными СНиП, ПУЭ, ППР. По окончании работ заказчику предоставляется исполнительная документация.

Выборе места для прокладки должен учитывать, что прокладка электрических кабельных линий под зданиями и сооружениями запрещается, а также ввод в здание выполняется тоже по требованиям. Для соблюдения правил ПУЭ [12], СНиП разметка прохождения траншеи должна быть выполнена геодезистом, которые удостоверяют правильность прохождения трассы, что соответствуют все нормы и правила, выполнена привязка к ориентирам, соблюдено необходимое расстояние между объектами и траншеей.

В вырытую траншею под кабель, перед укладкой кабеля выполняют постель – слой песка высотой 10 см на дне траншеи. Постель укладывают по всей длине траншеи, слоем равным, после чего производится трамбовка. Для выполнения защитного слоя применяется просеянный грунт, если это не противоречит нормам СНиП (в исполнительной документации необходимо отражать данный этап работ).

Кабели раскладываются в соответствии с технологическими документами (ППР, СНиП), по требованиям:

- между кабелями до 10 кв расстояние должно быть не менее 10 см, от 10 кв до 35 кв - не менее 25см;
- расстояние между линиями разных организаций не менее 50 см, как друг от друга, так и от других инженерных коммуникаций;
- расстояние между траншеей и ближайшим фундаментом не менее 60 см;

– единственно возможный способ укладки — «змейкой», запрещается укладывать кабели с натяжением, или допускать появление перекрещивания;

– кабель раскатывается при с помощью раскаточных роликов.

Все схемы укладки кабеля, ввод в здание должны быть отражены в ППР. Исполнительная документация по прокладке включает в себя, помимо перечисленных документов:

- акт ввода в эксплуатацию кабеля;
- карта прокладки с нанесением траншеи и объектов;
- ведомость изменений и отступлений от проекта.

«Исполнительная документация передается заказчику и эксплуатационной организации. Один экземпляр остается в организации, проводившей работы» [11].

Заключение

В бакалаврской работе рассмотрено проектирование системы электроснабжения завода технологической оснастки. Рассчитываются значения всех элементов сопротивлений, отображенных на расчетной схеме и схеме замещений в принятых - относительных или именованных единицах, потом они рисуются на схеме замещения. Трансформаторные подстанции с одним трансформатором следует использовать при наличии потребителей, перерыв электроснабжения которых возможен на время необходимое для выполнения резервирования, осуществляемом оперативным персоналом.

При проектировании электрической сети были раскрыты следующие этапы решения задач:

- расчет электрических нагрузок цехов и всего участка предприятия, суммарная потребляемая активная мощность составила 3365 кВт, реактивная мощность 1995 квар и полная мощность 3980 кВА, на основании которых произведен выбор типа ТМН-4000/35/10, числа в размере 2 шт и мощности силовых трансформаторов питающей подстанции и трансформаторов 10/0,4 кВ питающих производственные цеха;

- выбор рационального напряжения схемы внешнего и внутреннего электроснабжения с учетом категории надежности электроснабжения потребителей. Применение типовых решений позволяют обеспечить надежность и живучесть с помощью экономичных унифицированных решений;

- расчет и выбор схемы электроснабжения с учетом оптимальных технико-экономических показателей;

- расчет токов короткого замыкания, выбор оборудования и проверка его по токам короткого замыкания.

В результате проектирования разработана система электроснабжения завода технологической оснастки, соответствующая всем современным требованиям.

Список используемых источников

1. Абрамова Е.Я., Алешина С.К. Расчет электрических нагрузок в городских сетях: Методические указания; ОГУ- Оренбург 1998.
2. Афанасьев Н.А., Юсипов М.А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1989-527с.
3. Герасимов В.Г. Электротехнический справочник. В 4-х т. Т. 4 – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 963 с.
4. ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Система управления охраной труда. Общие требования.
5. ГОСТ 13109-77. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная.
6. ГОСТ 14209-85 трансформаторы силовые масляные общего назначения. М.: издательство стандартов, 1987-25с.
7. Князевский Б.А. и др. Охрана труда в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1983-336с.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебное пособие для техникумов.- М: Энергоатомиздат, 1989-528с.
9. Крючков И.П., Неклепаев Б.Н. и др. Электрическая часть станций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. под ред. Неклепаев Б.П.- М.: Энергия, 1989-456с.
10. Крючков И.П., Неклепаев Б.Н. и др. Электрическая часть станций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. под ред. Неклепаев Б.П.- М.: Энергия, 1989-456с.
11. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.
12. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР-М.: Энергия, 1986-648.

13. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергия, 1975-704с.
14. Справочник для проектирования электрического освещения. Под ред. Кнорринг Г.М.- Л.: Энергия, 1976-425с.
15. Справочник по проектированию электроснабжение. под ред. Ю.Г. Барыбина и др.- М: Энергоатомиздат, 1990-576с
16. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. В 2-х кн./под ред. А.А.Федорова и Г.В.СЕербиновского- М.: Энергия, 1973-528с.
17. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат, 1987-368с.
18. Чиндяцкин В.И., Абрамова Е.Я. расчет электрических нагрузок цеха и промышленного предприятия в целом: Методические указания; ОГУ-Оренбург, 1995-31с.
19. Электрических систем: Учебник для вузов – М: Энергия, 1976-560с.
20. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.3 2кн. 1кн Производство и распределение электроэнергии. под ред. Орлова И.Н.-М.: Энергоатомиздат, 1988-880с.
21. Brown, Marty, Power Supply Cookbook, Second Edition-250p.
22. Carsten, Bruce, Switchmode Design Techniques Above 500kHz, High Frequency Power Conversion Conference, May 1986-176p.