

# ОТЧЕТ

## о прохождении практики

обучающимся группы \_\_\_\_\_ ООБЭЭ-24014с  
(код и номер учебной группы)

Люлина Екатерина Алексеевна  
(фамилия, имя, отчество обучающегося)

Место прохождения практики:  
ООО «Каскад-Энергосеть»  
(полное наименование организации)

Руководители производственной практики:  
от Института:  
(фамилия, имя, отчество)

Заведующий кафедрой  
(ученая степень, ученое звание, должность)

от Организации: Чесноков Александр Геннадьевич  
(фамилия, имя, отчество)  
генеральный директор  
(должность)

### 1. Индивидуальный план-дневник производственной практики

Индивидуальный план-дневник проектной работы составляется обучающимся на основании полученного задания на практику в течение организационного этапа практики (до фактического начала выполнения работ) с указанием запланированных сроков выполнения этапов работ.

Отметка о выполнении (слово «Выполнено») удостоверяет выполнение каждого этапа практики в указанное время. В случае обоснованного переноса выполнения этапа на другую дату, делается соответствующая запись («Выполнение данного этапа перенесено на... в связи с...»).

Таблица индивидуального плана-дневника заполняется шрифтом TimesNewRoman, размер 12, оформление – обычное, межстрочный интервал – одинарный, отступ первой строки абзаца – нет.

№ п/п	Содержание этапов работ, в соответствии с индивидуальным заданием на практику	Дата выполнения этапов работ	Отметка о выполнении
1	Ознакомиться с программой проектной практики и требованиями к оформлению ее результатов. Получить направление на практику, индивидуальное задание, график (план) проведения и выполнения проектной работы.		Выполнено
2	Пройти инструктаж и ознакомиться с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка. Решение организационных вопросов по		Выполнено

	прохождению и выполнению проектной работы.		
3	Составить общее описание предприятия (организации) – название, местоположение, собственник, статус.		Выполнено
4	Изучить направления деятельности предприятия (организации), структурной схемы управления его подразделениями, службами и отделами (энергетической службы предприятия).		Выполнено
5	Изучить общие принципы формирования исследовательской стратегии, правила определения проблемы, объекта и предмета, постановки целей и задач исследования. Изучение источников получения информации для разработки аналитических материалов в области создания проектов систем электроснабжения предприятия.		Выполнено
6	Обоснования актуальности, определения теоретической и практической значимости избранной темы научного исследования.		Выполнено
7	Охарактеризовать существующую систему электроснабжения предприятия.		Выполнено
8	Провести анализ существующей системы электроснабжения предприятия.		Выполнено
9	Разработать и предложить проектные решения системы электроснабжения предприятия.		Выполнено
10	Предложить мероприятия по совершенствованию системы электроснабжения предприятия.		Выполнено
11	Осуществлять сбор информации с использованием компьютерной техники и современных информационных и коммуникационных технологий.		Выполнено
12	Оформить отчет с использованием актуального компьютерного программного обеспечения, при необходимости с иллюстративными материалами.		Выполнено
13	Защита отчёта.		Выполнено

«04» июня 2025 г.












Обучающийся

  
(подпись)

Люлина Е.А.

И.О. Фамилия

## 2.Дневник производственной практики (проектная):

Дата	Краткое содержание работы, выполненное обучающимся, в соответствии с индивидуальным заданием	Отметка руководителя практики от организации (подпись)
	Пройден Инструктаж по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка	
	Составлено общее описание предприятия (организации) – название, местоположение, собственник, статус.	
	Изучил направления деятельности предприятия (организации), структурной схемы управления его подразделениями, службами и отделами организации	
	Изучил основы производства электроэнергии, электроснабжения, нормативных показателей качества электроэнергии	
	Изучил основы релейной защиты и автоматизации, правила планирования, а также технологию производства работ оборудования систем электроснабжения компании	
	Изучил способы выбора релейной защиты, методы расчета токов короткого замыкания, основы расчета режимов сетей, планирование производственной деятельности, организацию ремонта и эксплуатации оборудования систем электроснабжения	
	Изучил методы расчета электрических нагрузок узлов электрических сетей, методы моделирования сетей при решении профессиональных задач, основы технического обоснования проектов ввода объектов нового строительства и технологического присоединения к электрическим сетям, методы реновации в части систем электроснабжения	
	Изучил основы технологии обслуживания и ремонта систем электроснабжения построенных на основе применения технического задания к проектированию объектов профессиональной деятельности	
	Изучил применения методов и технических средств испытаний и диагностики систем электроснабжения, в соответствии с проектной документацией и техническим заданием к объектам проектирования профессиональной деятельности	
	Изучил базовые навыки проектирования объектов профессиональной деятельности, базовые навыки анализа применимости нормативно-технической документации, базовые навыки составления и применения технического задания, основанных на понимании взаимосвязи задач технологии эксплуатации и проектирования систем электроснабжения	
	Оформил отчет по пройденной практике	

--	--	--

### 3. Технический отчет

(характеристика проделанной обучающимся работы, выводы по результатам практики)

Практика пройдена в компании ООО «Каскад-Энергосеть» по адресу: город Калуга, Московская ул., д. 302, офис 22а ООО «Каскад-Энергосеть» зарегистрирована 01.04.2005 регистратором ИНСПЕКЦИЯ ФЕДЕРАЛЬНОЙ НАЛОГОВОЙ СЛУЖБЫ ПО ЛЕНИНСКОМУ ОКРУГУ Г. КАЛУГИ. Руководитель организации: генеральный директор Чесноков Александр Геннадьевич. Основным видом деятельности ООО «Каскад-Энергосеть» является передача электроэнергии, зарегистрировано 12 дополнительных видов деятельности

Организации ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КАСКАД-ЭНЕРГОСЕТЬ" присвоены ИНН 4028033476, ОГРН 1054004005395, ОКПО 75476625.

Предприятие ООО «Каскад-Энергосеть» возглавляет генеральный директор, который осуществляет оперативное руководство производственно-хозяйственной деятельностью компании в соответствии с федеральными законами и нормативными актами, внутренними документами. Организационная структура ООО «Каскад-Энергосеть» представляет собой совокупность подразделений, представленных на рисунке 1.

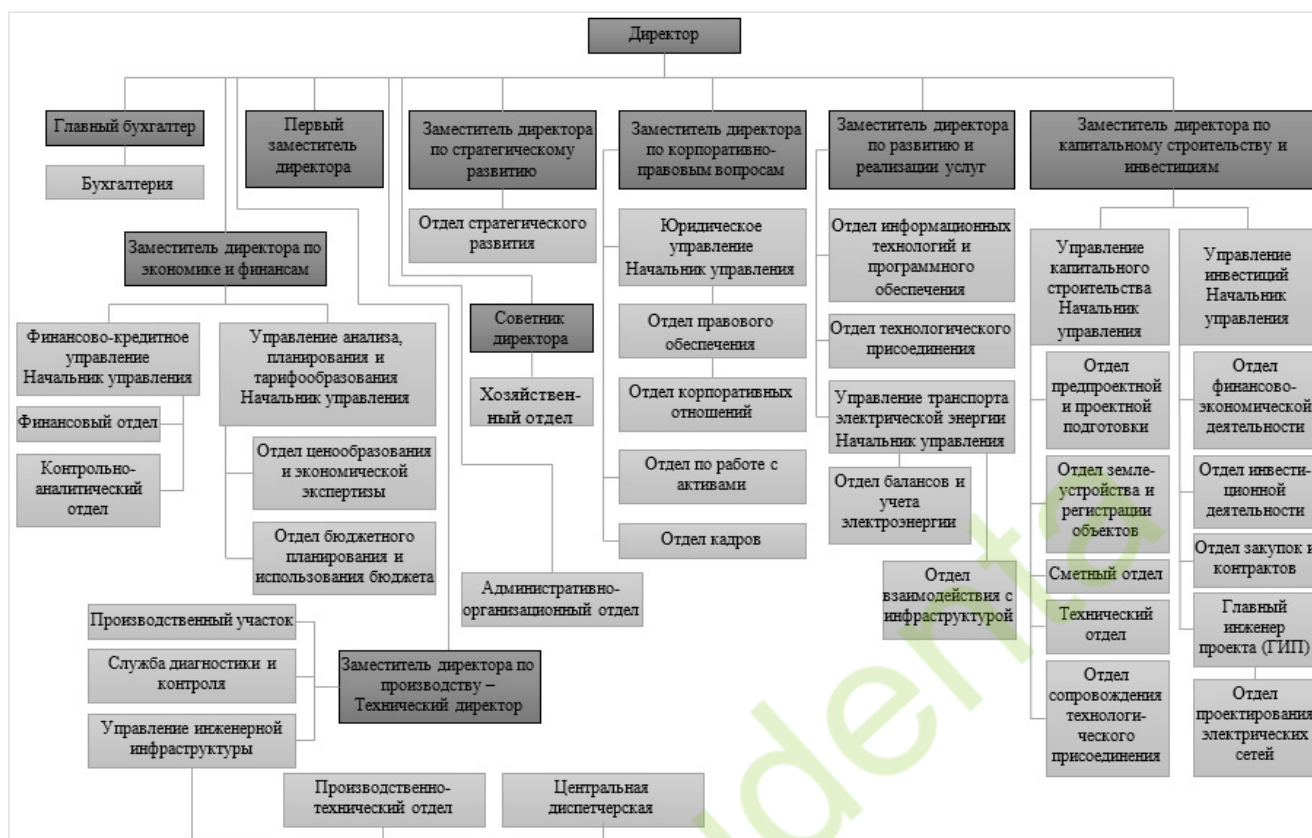


Рисунок 1 - Организационная структура управления ООО «Каскад-Энергосеть»

Организационная структура управления ООО «Каскад-Энергосеть» линейно-функциональная, которая характеризуется осуществлением компоновки подразделений, которые направлены на конкретные виды работ, необходимые для осуществления решений линейного управления.

Генеральному директору ООО «Каскад-Энергосеть» непосредственно подчинены главный бухгалтер, директор по правовым вопросам, директор по экономике, директор по энергосбытовой деятельности, директор по финансам, директор по общим вопросам, управление по работе с персоналом и административным вопросам, отдел по связям с общественностью, служба безопасности.

Контроль за финансово-хозяйственной деятельностью ООО «Каскад-Энергосеть» осуществляется ревизионной комиссией, которая избирается общим собранием акционеров.

Выполнение конкретных работ возлагается на исполнителей-специалистов, которые, в свою очередь, относятся к одной из структур. Существование данного вида подразумевает под собой двойное подчинение руководителю. И здесь основной задачей оптимизации организационной структуры газораспределительной организации субъекта РФ является создание эффективной системы управления производственной деятельностью, ведение единой технической политики, создание четкой вертикали руководства начиная с структурных подразделений головного предприятия, завершая непосредственными

исполнителями в районных службах. Основной проблемой, влияющей на решение данной задачи, являются значительная численность обслуживаемого персонала.

Руководителю ООО «Каскад-Энергосеть» для эффективного управления необходимо: оптимизировать организационную структуру своего подразделения, которая позволит иметь четкое представление от том, каким объемом управленческими, людскими и материально-техническими ресурсами он обладает; четкое понимание где, когда и как осуществляют свои трудовые функции подчиненные ему работники; каким образом выполнять аварийные и целевые задачи со стороны руководства в максимально короткий срок.

Утверждение организационных структур организации ООО «Каскад-Энергосеть» дает четкую информацию о наличии и целевом использовании кадров в подразделениях, что позволит выстроить производственный процесс исходя из имеющихся ресурсов.

Отдел экономического планирования и анализа ООО «Каскад-Энергосеть» осуществляет экономическое планирование, направленное на организацию рациональной хозяйственной деятельности в соответствии с потребностями рынка и возможностями получения необходимых ресурсов, выявление и использование резервов производства с целью достижения наибольшей эффективности работы предприятия. Управление по работе с персоналом и административным вопросам включает отдел управления персоналом и отдел организации управленческой деятельности.

Отдел закупок ООО «Каскад-Энергосеть» определяет порядок и процедуру закупки сырья и материалов, критерии и нормы проведения сделок по закупке, определяет и согласовывает порядок расчетов с поставщиками, контролирует состояние складских запасов по всем ассортиментным группам. Управление по работе на розничном и оптовом рынке проводит поиск потенциальных клиентов; проводит коммерческие переговоры с клиентами.

Отдел по связям с общественностью создает долгосрочную стратегию предприятия (на срок до 5 лет), включая определение приоритетных направлений развития бизнеса в плане расширения продуктового ряда, географической экспансии и увеличения производственных мощностей предприятия. Отдел механизации и транспорта организует эксплуатацию автомобилей на перевозках, обеспечивает рациональное использование подвижного состава на линии, грузообразующих и грузопоглощающих объектах, руководит разработкой текущих и перспективных планов перевозок и организует их выполнение с соблюдением требований безопасности дорожного движения.

Производственно-технический отдел ООО «Каскад-Энергосеть» выполняет работу по сборке и установке технических и программно-математических средств, необходимых

для бесперебойной работы предприятия, устанавливает все необходимое для работы программное обеспечение.

Отдел труда и заработной платы ООО «Каскад-Энергосеть» выполняет работу по комплектованию предприятия кадрами требуемых профессий, специальностей и квалификации, а также принимает участие в работе по подбору, отбору, расстановке кадров.

Основой организации безопасной эксплуатации электроустановок является высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина обслуживающего персонала ООО «Каскад-Энергосеть», который обязан соблюдать особые организационные и технические мероприятия, а также приемы и очередность выполнения эксплуатационных операций согласно указаниям правил

Помещения ООО «Каскад-Энергосеть» с повышенной опасностью характеризуются наличием одного из следующих условий: сырости ( $>75\%$ ) или токопроводящей пыли, токопроводящих полов, высокой температуры ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, аппаратам, механизмам и к металлическим корпусам электрооборудования.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий: особой сырости ( $>90\%$ ), химически активной или органической средой, одновременно двух и более условий повышенной опасности.

Заземляющие устройства электроустановок потребителей должны соответствовать требованиям ПУЭ.

Части электрооборудования ООО «Каскад-Энергосеть», подлежащие заземлению, должны иметь надёжное контактное соединение с заземляющим устройством либо с заземлёнными конструкциями, на которых они установлены.

Соединения должны быть только болтовыми или сварными. Скрутка не допускается. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению или занулению, должна быть присоединена к сети заземления или зануления отдельным проводником.

Заземляющие и нулевые проводники должны иметь покрытие, защищающее от коррозии. Открыто проложенные стальные проводники должны иметь черную окраску.

В процессе эксплуатации электроустановок ООО «Каскад-Энергосеть» нередко возникают условия, при которых даже самое совершенное конструктивное исполнение установок не обеспечивает безопасность работающего, и поэтому требуется применение специальных средств защиты - приборов, аппаратов, переносных и перевозимых приспособлений и устройств, служащих для защиты персонала, работающего в электроустановках, от поражения электрическим током, электрического поля, продуктов горения, падения с высоты и т.п.

Средства защиты, применяемые в электроустановках, могут быть условно разделены на четыре группы: изолирующие, ограждающие, экранирующие и предохранительные.

Первые три группы предназначены для защиты персонала от поражения электрическим током и вредного воздействия электрического поля и называются электроразрешительными средствами.

Изолирующие электроразрешительные средства изолируют человека от токоведущих или заземленных частей, а также от земли. Они делятся на основные и дополнительные.

Основные изолирующие электроразрешительные средства обладают изоляцией, способной длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановки, и поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением.

В ходе практики в ООО «Каскад-Энергосеть» также были изучены, проанализированы и описаны условия труда, степень опасности производства и профессиональные риски на предприятии. Собраны и проанализированы сведения за последние несколько лет (не менее 3-х) по системе защиты окружающей среды и обеспечения безопасности человека на предприятии.

Анализируются возможности совершенствования производства, повышения производительности труда и экономической эффективности производственного процесса за счет совершенствования объектов и систем электроэнергетики и электротехники (внедрения мероприятий по энергосбережению)

Актуальность темы исследования на базе ООО «Каскад-Энергосеть» обусловлено тем, что транспортировка электрической энергии внутри промышленных предприятий неизбежно приводит к определенным потерям. Для того чтобы снизить потери, в системах распределения электрической энергии промышленных предприятий применяется свойство трансформации.

С этой целью электрический ток проходит через цеховую трансформаторную подстанцию, с помощью которой осуществляется повышение амплитуды напряжения, подаваемого в цех для дальнейшей передачи потребителям.

Трансформатор представляет собой статический электромагнитный аппарат с двумя (или больше) обмотками, предназначенный чаще всего для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

Преобразование энергии в трансформаторе осуществляется переменным магнитным полем. Трансформаторы широко применяются при передаче электрической энергии на большие расстояния, распределении ее между приемниками, а также в различных выпрямительных, усилительных, сигнализационных и других устройствах.

При изготовлении трансформаторов бытового и промышленного назначения

применяют стандартизованные термины и определения, обязательные для применения в документации всех видов, научно-технической и справочной литературе.

Ниже приведены несколько таких терминов и их определений.

Трансформатор — статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.

Силовой трансформатор — трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и установках, предназначенных для приема и использования электрической энергии. К силовым трансформаторам относятся трансформаторы трехфазные и многофазные мощностью 6,3 кВ·А и более, однофазные мощностью 5 кВ·А и более.

Повышающий трансформатор - трансформатор, у которого первичной обмоткой является обмотка низшего напряжения.

Понижающий трансформатор — трансформатор, у которого первичной обмоткой является обмотка высшего напряжения.

Сигнальный трансформатор - трансформатор малой мощности, предназначенный для передачи, преобразования, запоминания электрических сигналов.

Автотрансформатор — трансформатор, две или более обмотки которого гальванически связаны так, что имеют общую часть.

Импульсный сигнальный трансформатор - сигнальный трансформатор, предназначенный для передачи, формирования, преобразования и запоминания импульсных сигналов.

Коэффициент трансформации трансформатора малой мощности — отношение числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки.

Магнитная индукция - векторная величина, характеризующая магнитное поле и определяющая силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля.

Магнитный поток — поток магнитной индукции.

Напряженность магнитного поля — векторная величина, равна геометрической разности магнитной индукции, деленной на магнитную постоянную, и намагниченности.

Индуктивная связь - связь электрических цепей посредством магнитного поля.

Целью является получение первичных профессиональных умений и навыков по вопросам производства, передачи и распределения электроэнергии, работы

электротехнического оборудования, мероприятиям по обеспечению электробезопасности ООО «Каскад-Энергосеть».

Задачами являются:

- получение пространственного представления об устройствах, вырабатывающих электроэнергию, способах преобразования электроэнергии и основных ее потребителях;
- изучение электроснабжения основных и вспомогательных производств;
- изучение процессов механизации и автоматизации, выполняемых основными типами машин и механизмов по преобразованию электрической энергии;

В НИР на базе ООО «Каскад-Энергосеть» рассматриваются вопросы особенностей конструкции лишь малой части электроэнергетического оборудования, а именно трансформаторов цеховых подстанций.

## 1 Конструкция трансформаторов

### 1.1 Активные части трансформатора

Части трансформатора, предназначенные для энергопреобразовательного процесса, — магнитопровод и обмотки, называются его активными частями.

Достаточно эффективное преобразование электрической энергии удастся получить только в конструкциях, в которых обмотки охватываются замкнутыми магнитопроводами из ферромагнитного материала с высокой магнитной проницаемостью  $\mu_0$ , в сотни раз превышающей магнитную постоянную  $\mu_0$  (см. рис. 1.1—1.3).

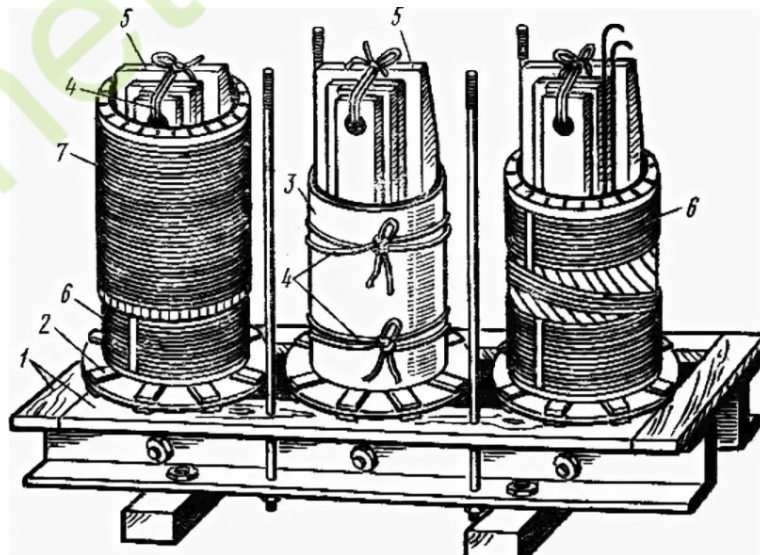
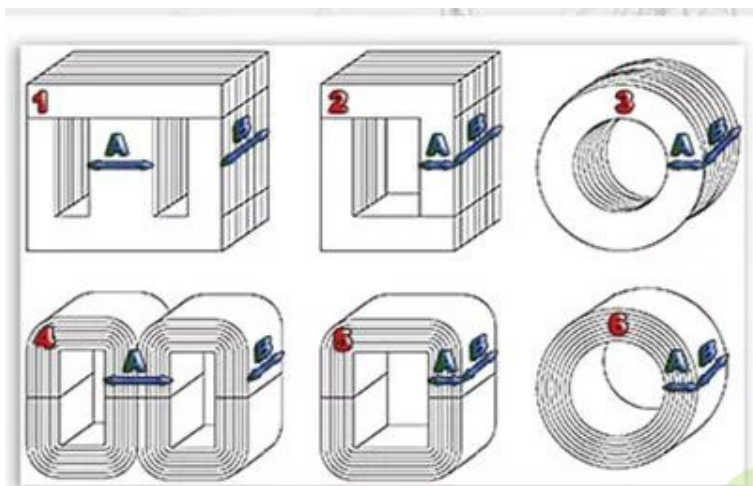


Рисунок 1.1 – Обмотки трансформатора



1,4 – броневые; 2,5 – стержневые; 3,6 - кольцевые

Рисунок 1.2 – Магнитопроводы трансформатора

Для получения высокой магнитной проницаемости магнитопровод не должен быть чрезмерно насыщен и индукция в нем при максимальном магнитном потоке не должна превышать 1,4—1,6 Тл.

Снижение потребляемой реактивной мощности достигается за счет уменьшения магнитных полей рассеяния, сцепленных только с первичной или только со вторичной обмоткой. Эти поля уменьшаются с уменьшением промежутков между первичной и вторичной обмотками, и поэтому катушки первичной и вторичной обмоток каждой из фаз располагают на одном и том же участке магнитопровода, называемом стержнем (см. рис. 1.1, 1.2).

При этом обмотки либо располагаются концентрически (рис. 1.4, а), либо разбиваются на отдельные диски и размещаются на стержне в чередующемся порядке (рис. 1.4, б). В последнем случае обмотка называется дисковой чередующейся.

Из большого числа разновидностей концентрических обмоток наиболее простой является цилиндрическая обмотка (рис. 1.5).

Для увеличения эффективности при преобразовании энергии должны быть приняты меры для уменьшения потерь энергии, выделяющихся в трансформаторе в виде тепла.

В первую очередь должны быть выбраны достаточно малыми активные сопротивления обмоток, т.е. возможно большие сечения витков обмоток, возможно меньшие длины витков и возможно меньшие электрические удельные сопротивления проводов обмоток.

Именно поэтому провода обмоток изготавливают из обычной меди, обладающей наименьшим удельным электрическим сопротивлением, и в редких случаях из алюминия, удельное сопротивление которого примерно в 1,6 раза больше, чем у меди.

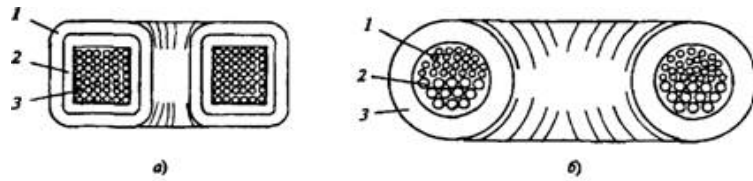
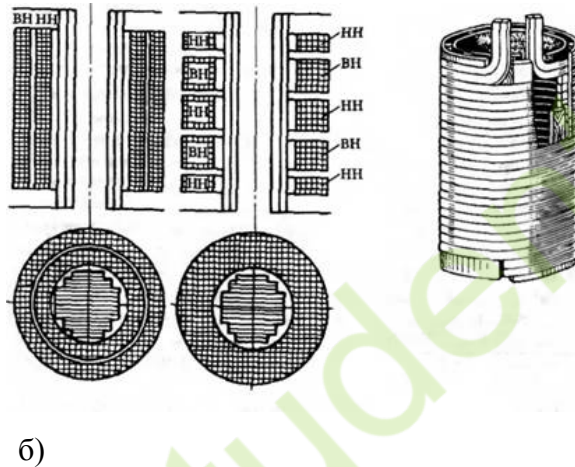


Рисунок 1.3 - Трансформаторы с ленточным (а) и броневым (б) магнитопроводами:  
1,2 — первичная и вторичная обмотки; 3 – магнитопровод



а)

б)

Рисунок 1.4 - Концентрические (а) и дисковые чередующиеся (б) обмотки

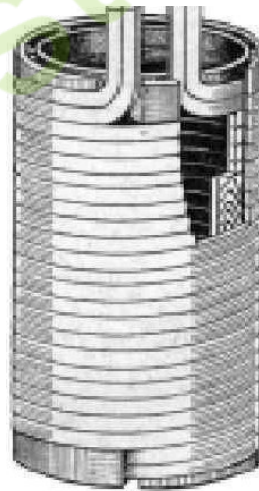


Рисунок 1.5 - Цилиндрическая двухслойная обмотка из прямоугольного провода

## 1.2 Магнитопровод трансформатора

Магнитопровод трансформатора должен быть сконструирован таким образом, чтобы в нем в достаточной мере были ослаблены потери на вихревые токи и гистерезис, возникающие при перемагничивании. Эту задачу удастся решить путем сочетания нескольких мероприятий:

- применением специальных магнитно-мягких электротехнических сталей, имеющих малые потери на гистерезис;

-использованием специальных сортов электротехнической стали, которые имеют благодаря специальным присадкам увеличенное удельное электрическое сопротивление;

-сборкой магнитопровода из изолированных друг от друга пластин электротехнической стали, толщина которых выбирается такой, чтобы вихревые токи практически не оказывали влияния на главное магнитное поле и не вызывали значительных потерь (толщина  $d$  пластин зависит от частоты перемагничивания  $f$ , и при частоте 50 Гц составляет 0,35 или 0,5 мм).

При выполнении этих мероприятий удастся получить мощность потерь энергии на перемагничивание магнитопровода того же порядка, что и мощность электрических потерь в обмотках, и практически исключить размагничивающее действие вихревых токов.

Магнитные системы (магнитопроводы) трансформаторов встречаются в двух основных исполнениях: стержневом и броневом.

В стержневом однофазном трансформаторе фазные обмотки состоят из двух катушек, соединяемых между собой последовательно или параллельно, причем эти две катушки располагаются на двух стержнях О-образного магнитопровода, связанных ярами (рис. 1.6, а).

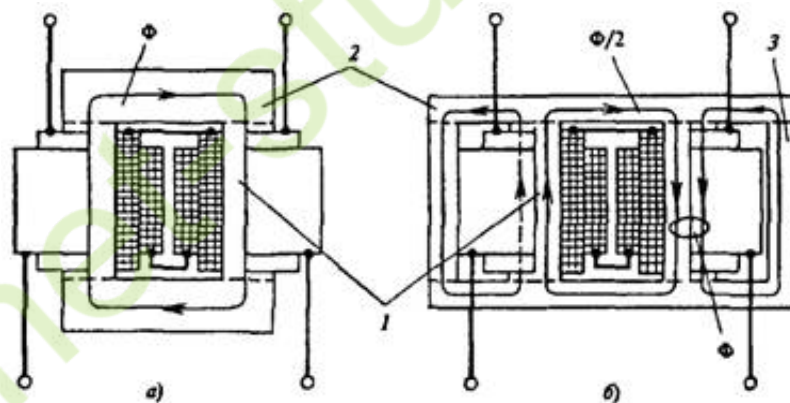


Рисунок 1.6 - Однофазные трансформаторы со стержневым (а) и бронестержневым (б) магнитопроводами. 1 — стержень; 2 — ярмо; 3 — крайний стержень

В трехфазном стержневом трансформаторе обмотки каждой фазы размещаются на своем стержне (см. рис. 1.2); стержни вместе с ярами образуют замкнутую магнитную систему.

Магнитопровод однофазных броневых трансформаторов охватывает обмотку с двух сторон, как бы «бронируя» ее (см. рис. 1.1). Как видно из рисунка, яра трансформатора могут иметь вдвое меньшее сечение, чем стержень, на котором размещаются обмотки. У трансформаторов большой мощности для снижения габаритов трансформатора по высоте и возможности их перевозки в собранном виде по железным дорогам применяется

бронестержневая конструкция магнитопровода (рис. 1.6, б и 1.7).

Высота магнитопровода бронестержневого трансформатора уменьшается за счет высоты ярм, которые проводят вдвое меньший магнитный поток.

Для примера на рис. 1.6 изображены однофазные трансформаторы одной и той же мощности в стержневом и бронестержневом исполнениях.

Почти столь же значительное уменьшение высоты удается получить в бронестержневом трехфазном трансформаторе (рис. 1.7), в ярмах которого поток в  $1/3$  раз меньше, чем в стержнях (в стержневом трехфазном трансформаторе поток в ярмах не отличается от потока в стержнях).

В зависимости от способа сочленения стержней с ярмами различают магнитопроводы стыковые и шихтованные. Стержни и ярма стыкового магнитопровода собираются из электротехнической стали отдельно и объединяются в замкнутую систему после размещения на стержнях обмоток.

В стыке между стержнями и ярмами (во избежание вихревых токов через взаимно перекрытые листы сопрягаемых частей) помещают изоляционные прокладки, которые образуют немагнитный зазор, заметно увеличивающий потребляемую трансформатором реактивную мощность. Поэтому, несмотря на простоту сборки и демонтажа, стыковые магнитопроводы имеют ограниченное применение.

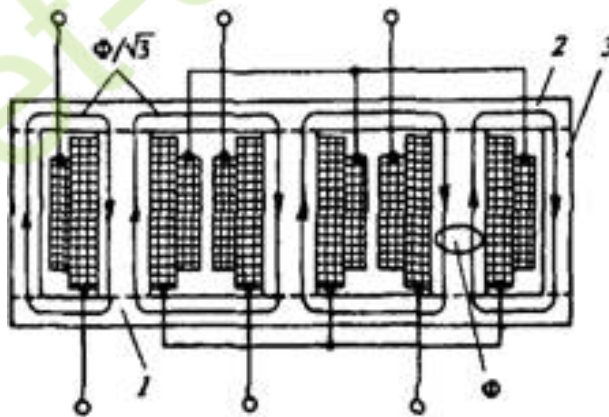


Рисунок 1.7 - Трехфазный трансформатор с бронестержневой магнитной системой: 1 — стержень; 2 — ярмо; 3 — крайний стержень

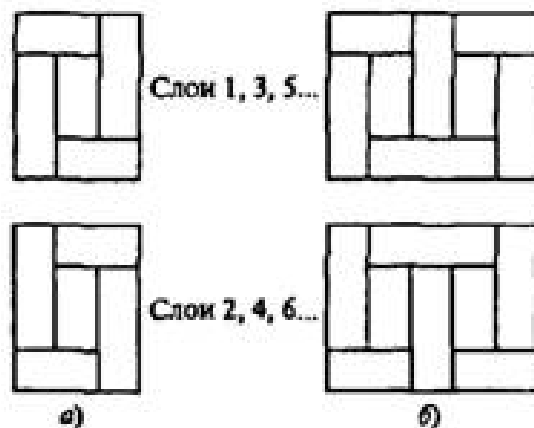


Рисунок 1.8 - Укладка листов в слоях шихтованных магнитопроводов: а — однофазный стержневой трансформатор; б — трехфазный стержневой трансформатор

Наиболее распространены шихтованные магнитопроводы, стержни и ярма которых собираются впереплет (шихтуются) и образуют цельную конструкцию (рис. 1.8).

Для установки обмоток листы верхнего ярма вынимаются и затем снова зашихтовываются.

В шихтованной конструкции тоже имеются немагнитные зазоры в стыке между листами данного слоя, но эти зазоры оказываются перекрытыми листами соседних слоев и не оказывают столь заметного влияния на потребляемую трансформатором реактивную мощность, как в стыковой конструкции.

При сборке магнитопровода из анизотропной холоднокатаной стали, у которой удельные потери меньше, а магнитная проницаемость больше в направлении прокатки листов, в зоне переходов от стержней к ярмам, где линии магнитного поля поворачивают на  $90^\circ$  от направления прокатки, наблюдается увеличение потерь и падения магнитного напряжения. Это явление удастся в значительной мере ослабить применением косых стыков (рис. 1.9).

### 1.3 Стяжка стержней трансформатора

В трансформаторах малой мощности и на небольшие напряжения обмотки могут быть намотаны на прямоугольный каркас, а сечения стержней имеют прямоугольную форму.

В трансформаторах большой мощности катушки наматываются на цилиндрический шаблон, а для получения лучшего заполнения пространства внутри катушки сталью сечению стержня придается ступенчатая форма (рис. 1.10).

Размеры отдельных ступеней выбираются таким образом, чтобы стержень наилучшим образом вписывался в цилиндрическое пространство внутри катушки. Ярма

выполняются прямоугольными или с небольшим числом ступеней.

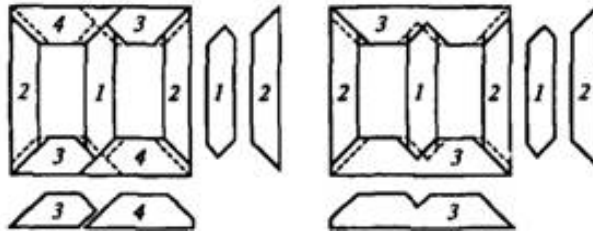


Рисунок 1.9 - Укладка листов в слоях стержневого трехфазного магнитопровода со скошенными листами из холоднокатаной стали

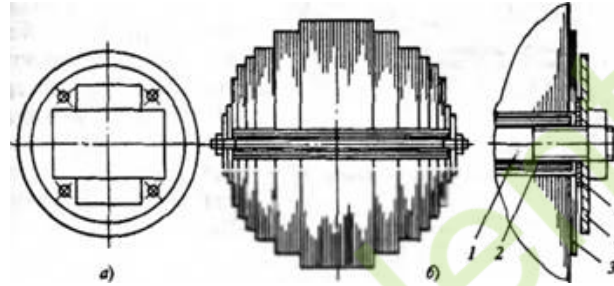


Рисунок 1.10 - Стяжка стержней: а — деревянными планками; б — стальными шпильками; 1 — стальная шпилька; 2 — трубка изоляционная; 3, 5 — шайбы из электроизоляционного картона; 4 — стальная шайба

Стяжка пакетов стержней в силовых трансформаторах мощностью менее 1 000 кВ×А (на один стержень) производится при помощи деревянных или пластмассовых планок и стержней, которые заполняют пространство между стержнем и изоляционным цилиндром, на котором укреплена ближайшая к стержню обмотка НН (рис. 1.10, а).

В трансформаторах большей мощности стяжка стержней ранее осуществлялась стальными шпильками, изолированными от стержня трубками из бакелизированной бумаги (рис. 1.10, б). Для прессовки ярм также использовались шпильки, стягивающие деревянные или стальные нажимные балки (рис. 1.11).

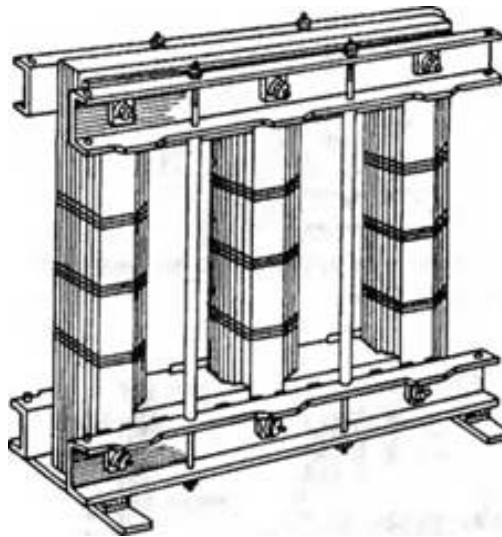


Рисунок 1.11 - Остов трансформатора

В настоящее время для стяжки стержней, а во многих случаях и ярм, широко применяется бандажировка стеклолентой, пропитанной эпоксидными термореактивными компаундами (бандажи на стержнях видны на рис. 1.11; бандажи на стержнях и полубандажи на ярмах показаны на рис. 1.13).

При использовании бандажей отпадает необходимость в применении стягивающих шпилек и в штамповке отверстий в листах магнитопровода, что приводит к уменьшению его магнитного сопротивления и добавочных потерь при холостом ходе. Магнитопровод вместе с ярмовыми балками и другими деталями, предназначенными для прессовки магнитопровода и крепления на его стержнях обмоток, образует остов трансформатора (см. рис. 1.11).

Значительно проще конструкция магнитопроводов микротрансформаторов, мощность которых составляет единицы или десятки вольт-ампер.

Магнитопроводы этих трансформаторов набираются из штампованных пластин Ф-образной формы (рис. 1.12, а) или Ш-образной формы в сочетании с пластинами прямоугольной формы (рис. 1.12, б).

В стержневой части Ф-образного листа имеется просечка. При сборке однофазного броневых трансформатора стержневая часть листа отгибается в сторону и вставляется внутрь обмотки.

Следующий лист вставляется с другой торцевой стороны катушки. После сборки магнитопроводы стягиваются при помощи шпилек и нажимных плит.

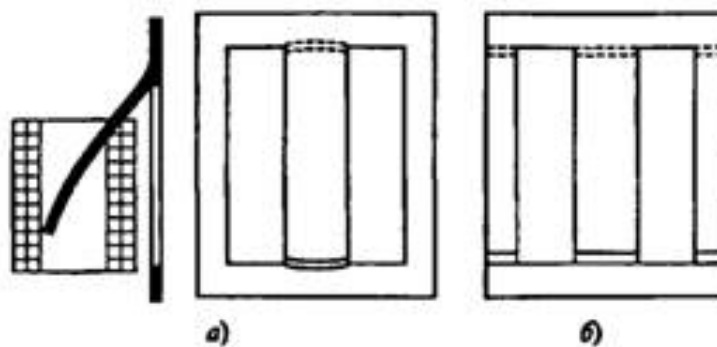


Рисунок 1.12 - Сборка магнитопроводов микротрансформатора: а — из листов  $\Phi$ -образной формы; б — из листов Ш-образной и прямоугольной формы

Большое распространение получили также микротрансформаторы с ленточными магнитопроводами кольцеобразной формы. Эти трансформаторы имеют весьма технологичную конструкцию. Их магнитопровод образуется из навитой в виде спирали стальной ленты, обмотки обматываются вокруг магнитопровода на специальном станке.

Кроме активных элементов — обмоток и магнитопровода — конструкция трансформатора включает еще ряд важных частей, которые называются конструктивными частями и предназначены для создания электрической изоляции между обмотками, фиксации активных частей в Пространстве, охлаждения активных частей, сопряжения его обмоток с электрическими сетями и других вспомогательных функций.

К конструктивным частям относятся, в частности, ярмовые балки и другие прессующие детали магнитопровода.

## 2 Конструкция цеховых трансформаторов

### 2.1 Конструктивные части трансформатора

Рассмотрим устройство конструктивных частей силового масляного трехфазного трансформатора, применяемых в большинстве цеховых подстанций промышленных предприятий общая компоновка которого представлена на рис. 2.1.

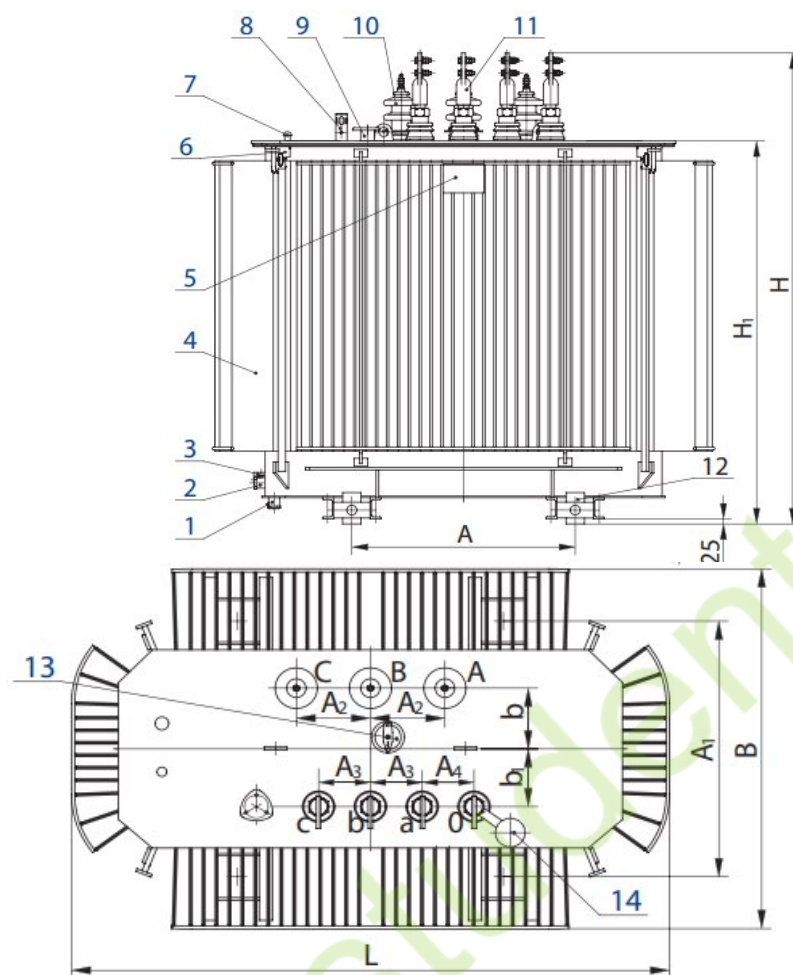


Рисунок 2.1 - Трехфазный двухобмоточный трансформатор мощностью 1250 кВ·А, на напряжение 10/0.4 кВ 1 - пробка для удаления остатков масла (в трансформаторе мощностью 1600 кВ А); 2 - пробка сливная; 3 - зажим заземления; 4 - бак\*; 5 - табличка; 6 - серьга для подъема трансформатора; 7 - гильза для стеклянного термометра и термобаллона манометрического термометра; 8 - маслоуказатель; 9 - патрубок для заливки масла; 10 - ввод ВН; 11 - ввод НН; 12 - ролик транспортный; 13 - переключатель; 14 - пробивной предохранитель

## 2.2 Изоляция обмоток трансформатора

Витки обмоток трансформатора должны быть надежно электрически изолированы друг от друга, от витков других обмоток и от корпуса трансформатора.

В масляных трансформаторах, применяемых при напряжениях более 10 кВ, для этих целей используется так называемая маслбумажная барьерная изоляция, образующаяся при пропитке трансформаторным маслом кабельной бумаги или электроизоляционного картона и заполнении этим маслом изоляционных промежутков между витками обмоток и корпусом.

Трансформаторное масло, заполняющее бак, в котором установлены активные части трансформатора, одновременно используется для их охлаждения.

Витковой изоляцией служит пропитанная маслом изоляция проводов марок ПЭЛБО, ПБ (круглые сечения проводов) и ПББО (прямоугольные сечения)- Конструкция главной изоляции, предназначенной для изоляции обмоток друг от друга, от бака и от остова, представлена на рис 1.14.

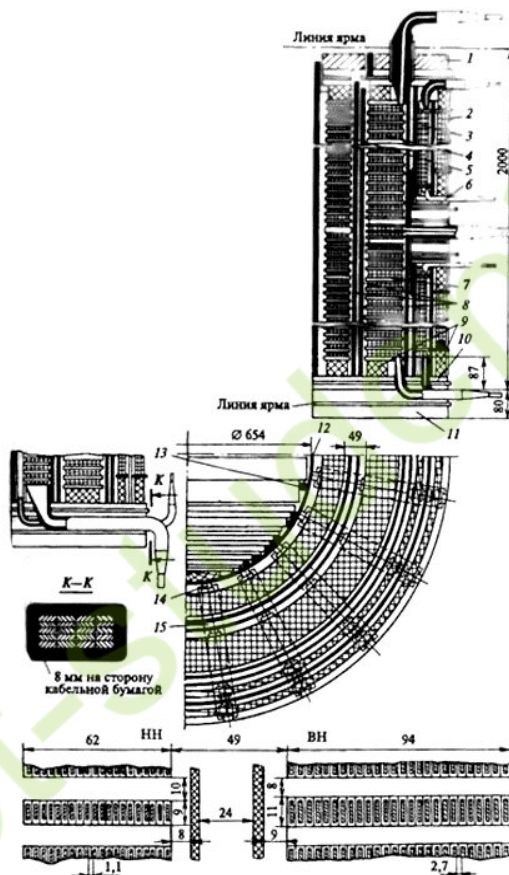


Рисунок 2.2 - Обмотки трансформатора: 1 — стальное прессующее кольцо; 2 — обмотка тонкого регулирования; 3 — обмотка грубого регулирования; 4 — обмотка ВН; 5 — обмотка НН; 6— угловая изоляционная шайба; 7— междукатушечные прокладки; 8— изоляционные цилиндры; 9 — опорные кольца из электроизоляционного картона; 10 — ярмовая изоляция из электроизоляционного картона; 11 — уравнивательная изоляция; 12 — деревянная планка; 13 — деревянный стержень; 14, 15 — рейка из электроизоляционного картона

### 2.3 Отводы и вводы

Электрическое соединение обмоток ВН и НН с электрическими сетями осуществляется при помощи отводов (изолированных проводников, укрепленных внутри бака трансформатора) и вводов (проходных фарфоровых изоляторов, сквозь которые проходит токоведущий стержень).

Токосоведущий стержень ввода должен быть надежно изолирован от заземленной крышки бака как со стороны масла, так и со стороны воздуха (рис.2.3).

С увеличением напряжения размеры вводов увеличиваются, а их конструкция усложняется. Вводы на напряжение 110 кВ и выше делаются маслonaполненными.

Арматура бак трансформатора.

Бак трансформатора недопустимо полностью заполнять маслом и закрывать герметически, так как в этом случае он был бы неизбежно разрушен давлением, возникающим в баке при увеличении объема масла при колебаниях температуры. Поэтому приходится заполнять бак маслом не полностью и сообщать воздушное пространство над маслом с окружающим воздухом.

От соприкосновения с окружающим воздухом масло в трансформаторе окисляется и увлажняется, постепенно, теряя свои электроизоляционные свойства.

Для уменьшения площади контакта масла с воздухом и стабилизации его изоляционных свойств баки масляных трансформаторов снабжаются расширителем — цилиндрическим сосудом из листовой стали, сообщаемым с баком. Трансформатор, имеющий расширитель, значительно реже нуждается в сушке, очистке, регенерации масла или замене его новым.

Необходимыми принадлежностями расширителя являются указатель уровня масла и отстойник для грязи и влаги.

Воздушный объем в верхней части расширителя сообщается с атмосферой при помощи трубки для свободного обмена воздуха, выведенной под расширитель (это исключает попадание в расширитель капель влаги).

Для увеличения поверхности, через которую происходит теплообмен между нагретым маслом и окружающей средой, на баке трансформатора устанавливаются охладители.

Охладители присоединяются к баку через патрубки с кранами, позволяющими производить замену и отсоединение охладителя при заполненном баке трансформатора. Для контроля температуры масла в верхней части бака используются ртутные, а в более мощных трансформаторах манометрические термометры или дистанционные электротермометры сопротивления.

Измерительное устройство последних устанавливается на щите управления.

На патрубке между крышкой бака и расширителем устанавливается газовое реле, которое служит для обнаружения повреждений.

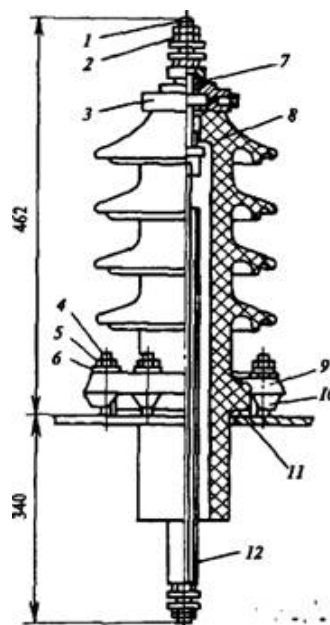


Рисунок 2.3 - Ввод для наружной установки на напряжение 10 кВ при токе до 250 А с токоведущей шпилькой, присоединяемой к отводу: 1 — медная шпилька; 2 — латунная гайка; 3 — латунный колпак; 4, 5 к 6 — стальные шпилька, гайка, шайба; 7 — резиновое кольцо; 8 — фарфоровый изолятор; 9 — стальной штампованный фланец; 10 — кулачок; 11 — резиновое уплотнение; 12 — токоведущая шпилька с изолирующей трубкой

#### 2.4 Арматура бака трансформатора

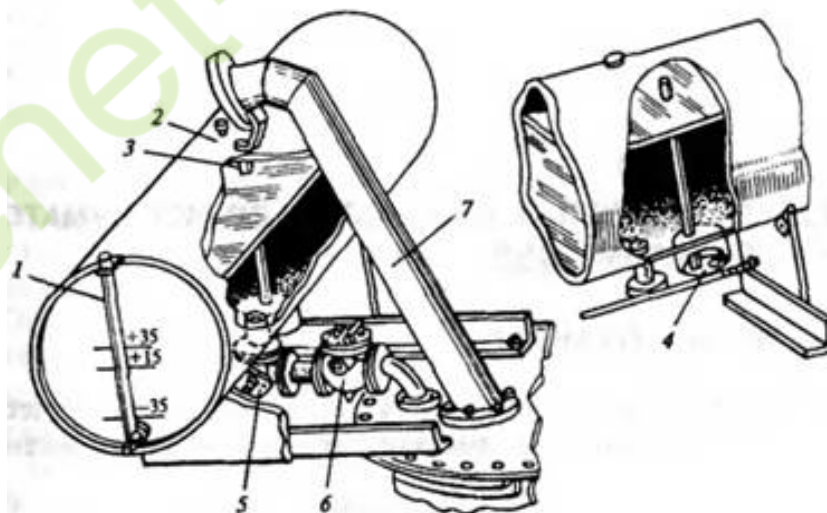


Рисунок 2.4 - Арматура бака трансформатора: 1 — указатель уровня масла; 2 — пробка для заливки масла; 3 — трубка для свободного обмена воздуха; 4 — грязеотстойник; 5 — кран для отсоединения расширителя; 6 — газовое реле; 7 — выхлопная труба

При повреждениях, приводящих к незначительному местному нагреванию (ухудшение контакта в соединениях, нарушение изоляции между листами сердечника), происходит разложение твердой изоляции и масла, сопровождающееся выделением

пузырьков газа.

Поднимаясь вверх, пузырьки газа скапливаются в газовом реле, вытесняя из него масло. Это приводит к опрокидыванию поплавка, замыкающего сигнальный контакт.

При значительных повреждениях, сопровождающихся взрывообразным выделением газов (короткое замыкание одного или нескольких витков и т.п.), масло толчкообразно перемещается из бака в расширитель.

Струя масла опрокидывает другой поплавок реле, который, замыкая соответствующие контакты, отключает трансформатор от сети.

Еще одно устройство, называемое выхлопной трубой, предохраняет бак трансформатора от механических деформаций при взрывообразных выделениях газа.

Выход из выхлопной трубы герметически закрыт мембраной, рассчитанной таким образом, чтобы при повышении давления она разрушалась раньше, чем деформируется бак.

### 3 Защитное заземление и зануление электроустановок

#### 3.1 Область применения защитного заземления и зануления

Металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, могут оказаться под опасным напряжением относительно земли в результате замыкания фазы на корпус, пробоя изоляции и т.п.

Прикосновение к корпусам этих установок столь же опасно, как и непосредственное прикосновение к токоведущим частям. Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) металлические части, не имеющие защиты от поражения людей электрическим током, должны быть заземлены или занулены.

В электрических сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью следует применять зануление, а в сетях с изолированной нейтралью - защитное заземление.

#### 3.2 Защитное заземление, принцип действия.

##### Нормирование сопротивления защитного заземления

При напряжении до 1000 В защитное заземление выполняется только в сетях с изолированной нейтралью.

Сеть с изолированной нейтралью применяется в непротяженных сетях (когда емкостное сопротивление проводов относительно земли небольшое), а также в местах повышенной электроопасности: в сырых помещениях, подвалах.

Защитным заземлением какой либо части электроустановки или конструкции называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством (рисунок 3.1).

Принцип действия защитного заземления состоит в снижении напряжения прикосновения  $U_{\text{пр}}$  до безопасного значения. Поясним это на примере, причем возьмем

наихудший случай по опасности поражения человека, т.е. когда сопротивление изоляции наименьшее (провод упал на землю) и когда оборудование находится на расстоянии больше 20 м от заземлителей (рисунок 3.1).

В случае замыкания фазы на корпус потечет ток  $I$  по цепи: обмотка трансформатора, провод, корпус электрооборудования, заземляющее устройство, земля, изоляция, второй провод, обмотка трансформатора. Ток определяется по формуле:

$$I = U_{\text{лин}} / (R_3 + R_{\text{из}}). \quad (3.1)$$

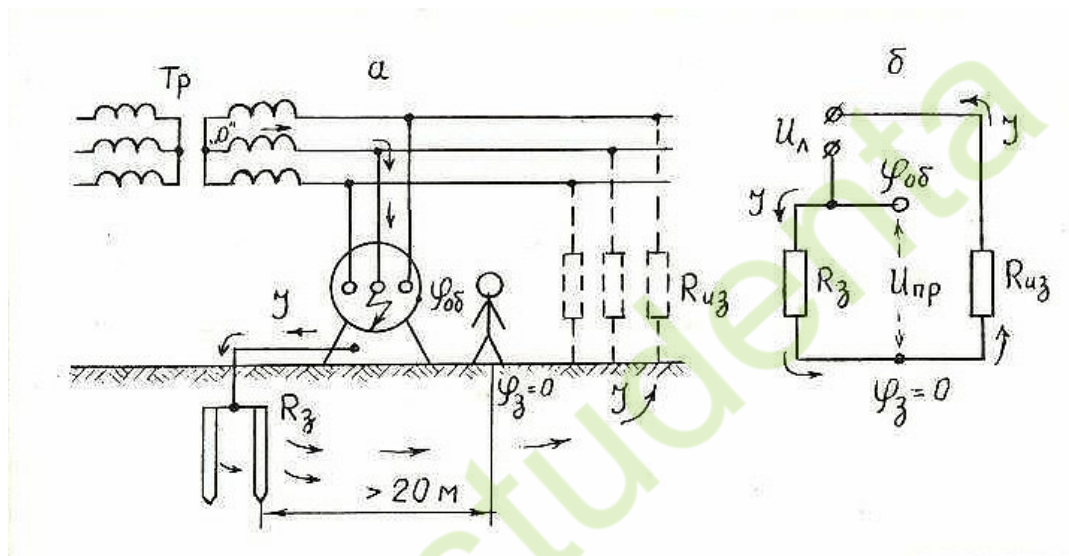
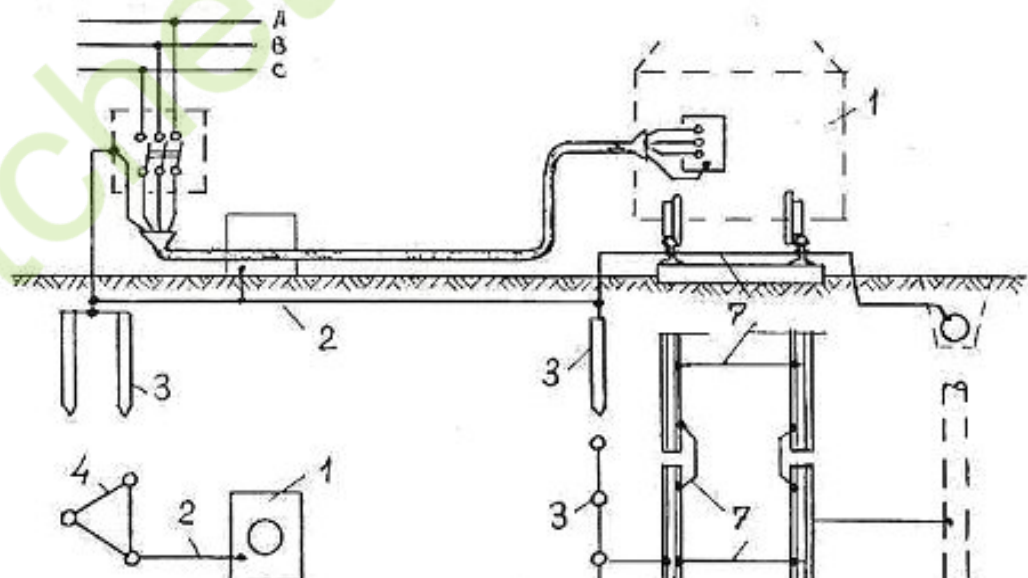


Рисунок 3.1 - Схема защитного заземления:  
а - принципиальная схема; б - схема замещения



1 - корпус электроустановки; 2 - заземляющий проводник;  
3 - заземлитель; 4 - магистральная полоса, соединяющая заземлители

Рисунок 3.2 - Схемы заземления передвижных и стационарных

установок

Напряжение прикосновения  $U_{\text{ПР}}$  определяется как разность потенциалов на корпусе оборудования  $\varphi_{\text{ОБ}}$  и поверхности земли  $\varphi_{\text{З}}$ , на которой стоит человек.

Когда заземлители находятся на расстоянии больше 20 м от оборудования потенциал  $\varphi_{\text{З}} = 0$  и разность потенциалов  $\varphi_{\text{ОБ}} - \varphi_{\text{З}}$  равна падению напряжения на заземляющем устройстве:

$$U_{\text{ПР}} = \varphi_{\text{ОБ}} - \varphi_{\text{З}} = I R_{\text{З}} = \frac{U_{\text{ЛИН}}}{R_{\text{З}} + R_{\text{ИЗ}}} R_{\text{З}}. \quad (3.2)$$

Из формулы (3.2) следует: чем меньше сопротивление заземляющего устройства  $R_{\text{З}}$ , тем меньше напряжение прикосновения  $U_{\text{ПР}}$ .

По правилам устройства электроустановок [1] сопротивление заземляющего устройства, используемого для заземления электрооборудования, должно быть не более 4 Ом.

При мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом.

Поэтому, при наличии защитного заземления, даже в самом худшем случае (обрыве провода и падении его на землю) напряжение прикосновения будет небольшим, например, при  $U_{\text{ЛИН}} = 380$  В,  $R_{\text{З}} = 4$  Ом,  $R_{\text{ИЗ}} = 100$  Ом,  $U_{\text{ПР}} = 380 / (1 + 100/4) = 15$  В, т.е. безопасно.

Если заземлители будут расположены к оборудованию ближе 20 м, то потенциал  $\varphi_{\text{З}}$  будет больше нуля и напряжение  $U_{\text{ПР}}$  будет еще меньше.

### 3.3 Зануление, принцип действия. Нормирование $R_{\text{З.О}}$ и $R_{\text{З.О.ПОВТ}}$

Занулением называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока (рисунок 3.3) или с глухозаземленным выводом источника однофазного тока.

Принцип действия зануления заключается в следующем: при замыкании фазы на корпус электрооборудования появляется "ток короткого замыкания"  $I_{\text{КЗ}}$  (рисунок 3.3, путь тока показан стрелками); от тока  $I_{\text{КЗ}}$  сгорает предохранитель Пр и отключает поврежденную фазу от сети.

Обычно последовательно с предохранителями устанавливаются автоматические выключатели, которые, при появлении тока короткого замыкания, быстро выключают сразу три фазы.

По условиям безопасности время срабатывания автоматических выключателей должно быть не более 0,2 с в сетях с фазным напряжением 220 В.

Ток короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_{K3} = U_{\phi} / Z_{\phi-0} = U_{\phi} / \sqrt{(R_{TP} + R_{\phi} + R_0)^2 + (X_{TP})^2}, \quad (3.3)$$

где  $I_{K3}$  - ток короткого замыкания, А;

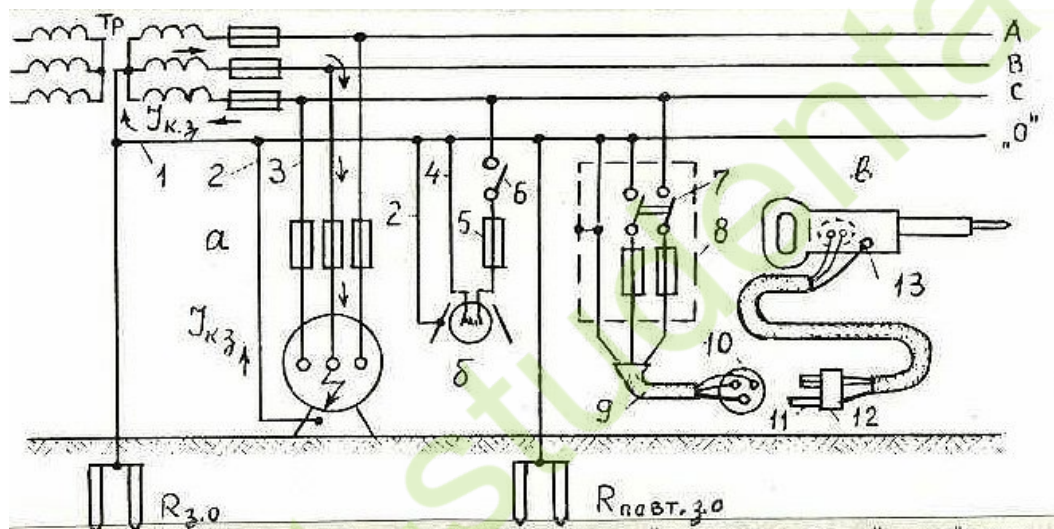
$U_{\phi}$  - фазное напряжение сети, В;

$Z_{\phi-0}$  - сопротивление петли "фаза - нуль", Ом,

$X_{TP}$  - индуктивное сопротивление обмотки силового трансформатора, Ом;

$R_{\phi}$  - активное сопротивление фазного провода, Ом;

$R_0$  - активное сопротивление нулевого провода, Ом.



- 1 - нулевой провод; 2 - нулевой защитный провод; 3 - фазный провод;  
 4 - нулевой рабочий провод; 5 - предохранитель; 6 - выключатель;  
 7 - рубильник; 8 - корпус распределительного устройства; 9 - кабель;  
 10 - штепсельная розетка; 11 - контакт зануления; 12 - вилка;  
 13 - защитный (зануляющий) контакт оборудования

Рисунок 3.3 - Схема зануления электрооборудования:

- (а - трехфазное стационарное электрооборудование; б - светильник;  
 в - передвижная электроустановка (например, ручной инструмент))

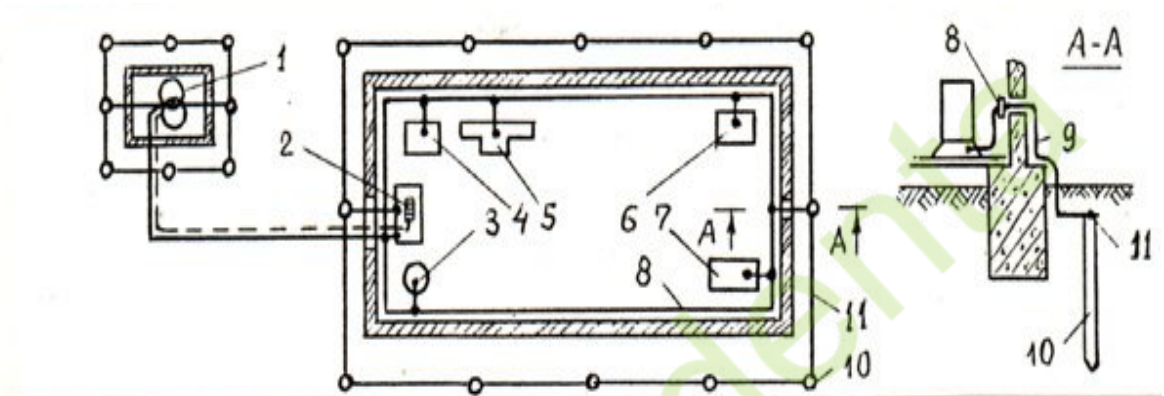
Для надежности сгорания предохранителей ток  $I_{K3}$  должен превышать ток плавкой вставки не менее чем в 3 раза, а для автоматических выключателей - в 1,23...1,4 раза; проводимость нулевого провода должна быть не менее 50 % проводимости фазных проводников, кроме этого должна обеспечиваться непрерывность нулевого провода (т.е. в нулевом проводе запрещается устанавливать предохранители и выключатели).

Следует отметить, что при отсутствии предохранителей или автоматических выключателей и замыкании фазы на корпус напряжение прикосновения будет выше  $0,5 U_{\phi}$ , что опасно для людей. Кроме этого, протекающий в сети ток короткого замыкания может привести к пожару.

По ПУЭ [1] при линейном напряжении 380 В сопротивление заземляющего

устройства нейтрали трансформатора  $R_{3,0}$  не должно превышать 4 Ом.

На воздушных линиях повторное заземление нулевого провода должно выполняться на вводах в здание, а также на концах линий и ответвлений длиной более 200 м. Общее сопротивление заземляющих устройств всех повторных заземлителей нулевого провода не должно превышать 10 Ом, при этом сопротивление растеканию тока каждого из повторных заземлителей должно быть не более 30 Ом.



1 - трансформатор; 3...7 - электрооборудование; 8 - контур заземления (зануления), расположенный внутри здания; 9 – заземляющий проводник; 10 - заземлители (трубы), вертикально забитые в землю; 11 - полоса, соединяющая заземлители (горизонтальный заземлитель)

Рисунок 3.4 - Схемы заземляющих устройств при занулении

Электрозащитными средствами называются изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Основными электроизолирующими средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются: диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, изолирующие клещи, изолирующие и электроизмерительные клещи. Дополнительными защитными средствами являются: диэлектрические резиновые ковры, диэлектрические галоши и изолирующие подставки.

В ходе практики в ООО «Каскад-Энергосеть» рассмотрены вопросы конструкции силовых трансформаторов, применяемых на цеховых трансформаторных подстанциях для выработки и передачи электрической энергии потребителям цеха. Приведены особенности конструкции трансформаторов, используемых в сетях 6(10) кВ.

«04» июня 2025 г.

Обучающийся \_\_\_\_\_

(подпись)

Люлина Е.А. \_\_\_\_\_

И.О. Фамилия

Otchet-studenta

#### 4. Заключение руководителя от организации

В первые дни практики в компании ООО «Каскад-Энергосеть» студент ознакомился с правилами техники безопасности, пройдены необходимые инструктажи, рассмотрена и изучил принципы передачи и распределения электроэнергии.

Далее, студент смог изучить техническая документация по схемам перспективного развития, перспективным планам технического развития и совершенствования производства, реконструкции, технического перевооружения и модернизации оборудования ООО «Каскад-Энергосеть».

Зарекомендовал себя как ответственный и внимательный работник компании ООО «Каскад-Энергосеть». Обладает такими личностными и деловыми качествами как коммуникабельность и целеустремленность в достижении поставленной цели.

За время прохождения практики в компании ООО «Каскад-Энергосеть» по адресу: город Калуга, Московская ул., д. 302, офис 22а студент показал отличный уровень теоретической подготовки, профессиональное умение применить и использовать знания для решения поставленных практических задач:

- приобретение опыта практической работы по специальности;
- освоение на практике устройства и работы электротехнических устройств, а также их параметров и методов выбора;
- изучение правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок;
- подготовка и систематизация необходимых материалов для подготовки отчета по прохождению практики.

На практике в компании ООО «Каскад-Энергосеть» деятельностью студента было выполнение всех просьб и поручений руководителя.

Обучающийся по итогам производственной практики (проектная) заслуживает оценку «отлично».

Дата: 04 июня 2025 г.



подпись



Чесноков Александр Геннадьевич

И.О. Фамилия руководителя практики от организации

## 5. Основные результаты выполнения задания на практику

В этом разделе обучающийся описывает результаты анализа (аналитической части работ) и результаты решения задач по каждому из пунктов задания на практику.

Текст в таблице набирается шрифтом TimesNewRoman, размер 12, оформление – обычное, межстрочный интервал – одинарный, отступ первой строки абзаца – нет.

№п/п	Результаты выполнения задания по практике
1	Составлено общее описание предприятия (организации) – название, местоположение, собственник, статус. Изучены направления деятельности предприятия (организации), структурной схемы управления его подразделениями, службами и отделами организации. Изучены основы производства электроэнергии, электроснабжения, нормативных показателей качества электроэнергии
2	Изучение источников получения информации для разработки аналитических материалов в области создания проектов систем электроснабжения предприятия. Обоснование актуальности, определения теоретической и практической значимости избранной темы научного исследования. Охарактеризована существующая система электроснабжения предприятия. Проведен анализ существующей системы электроснабжения предприятия. Разработаны и предложены проектные решения системы электроснабжения предприятия
3	Применены методы расчета электрических нагрузок узлов электрических сетей, методы моделирования сетей при решении профессиональных задач, основы технического обоснования проектов ввода объектов нового строительства и технологического присоединения к электрическим сетям, методы реновации в части систем электроснабжения
4	Получены базовые навыки проектирования объектов профессиональной деятельности, базовые навыки анализа применимости нормативно-технической документации, базовые навыки составления и применения технического задания, основанных на понимании взаимосвязи задач технологии эксплуатации и проектирования систем электроснабжения
5	Применение технологий обслуживания и ремонта систем электроснабжения построенных на основе применения технического задания к проектированию объектов профессиональной деятельности
6	Применение методов и технических средств испытаний и диагностики систем электроснабжения, в соответствии с проектной документацией и техническим заданием к объектам проектирования профессиональной деятельности
7	Получены базовые навыки проектирования объектов профессиональной деятельности, базовые навыки анализа применимости нормативно-технической документации, базовые навыки составления и применения технического задания, основанных на понимании взаимосвязи задач технологии эксплуатации и проектирования систем электроснабжения

## 6. Заключение руководителя от Института

Руководитель от Института дает оценку работе обучающегося исходя из анализа отчета о прохождении практики, выставляя балл от 0 до 20 (где 20 указывает на полное соответствие критерию, 0 – полное несоответствие) по каждому критерию. В случае выставления балла ниже пяти, руководителю рекомендуется сделать комментарий.

№ п/п	Критерии	Балл (0...20)	Комментарии (при необходимости)
1	Понимание цели и задач задания на практику.		
2	Полнота и качество выполнения индивидуального задания и отчетных материалов.		
3	Владение профессиональной терминологией при составлении отчета.		
4	Соответствие отчета о практике требованиям оформления отчетных документов.		
5	Использование источников информации, документов, библиотечного фонда.		
	<b>Суммарный балл:</b>		

**Особое мнение руководителя от Института (при необходимости):**

---

---

---

---

---

---

---

---

Обучающийся по итогам производственной практики (проектная) заслуживает оценку «\_\_\_\_\_».

« » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Руководитель от Института

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
И.О. Фамилия