

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ЖИРОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ



ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по изучению учебного предмета и выполнению контрольных заданий
для учащихся заочной формы обучения учреждений, обеспечивающих
получение среднего специального образования по специальности
5-04-0812-03 Эксплуатация энергетического оборудования в сельском
хозяйстве

Жировичи, 2025

Методические рекомендации разработаны на основе примерной учебной программы по учебному предмету «Электроснабжение сельскохозяйственного производства», утвержденной Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 2023г.

Разработчик: Курбат Е.М., заведующий отделением.

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании цикловой комиссии преподавателей электротехнических предметов

Протокол № 2 от 14 октября 2025г

Председатель цикловой комиссии _____ М.А.Борисик

Пояснительная записка.

Целью изучения учебного предмета «Электроснабжение сельскохозяйственного производства» является формирование у будущего специалиста системы знаний и практических навыков, необходимых для решения задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов.

Задачи учебного предмета:

- ознакомить с устройством электрических линий, трансформаторных подстанций и распределительных устройств сельскохозяйственного назначения;
- изучить основное оборудование, используемое в системах электроснабжения;
- освоить методику расчетов электрических сетей;
- ознакомить с методиками повышения надежности и качества электроэнергии.

В результате изучения учебного предмета учащиеся должны

знать на уровне представления:

- понятие об электроэнергетических системах;
- характер влияния электротехнических объектов на окружающую среду и меры по ее защите;
- структурные схемы электроснабжения сельскохозяйственных организаций;
- источники оперативного тока систем управления, контроля и сигнализации на сельских трансформаторных подстанциях;

знать на уровне понимания:

- процесс производства, преобразования и передачи электрической энергии;
- устройство наружных и внутренних электрических сетей, методы их расчета;
- назначение, принцип действия и устройство электрических аппаратов, измерительных трансформаторов, распределительных устройств;
- устройство районных и потребительских трансформаторных подстанций;
- назначение и системы релейной защиты и автоматики трансформаторных подстанций, линий электропередач;
- способы регулирования напряжения в электрических сетях;
- показатели качества электроэнергии;
- надежность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и способы ее повышения;
- явления возникновения короткого замыкания и перенапряжения в электроустановках, защита от них;
- назначение заземляющих устройств, их устройство;

уметь:

- определять электрические нагрузки в сетях сельскохозяйственного назначения;
- выбирать рациональные схемы электроснабжения с учетом экономической эффективности и надежности;

- производить расчеты электрических сетей, выбирать провода и кабели;
- производить расчеты токов короткого замыкания и замыкания на землю;
- выбирать оборудование трансформаторных подстанций, релейную защиту и средства грозозащиты;
- читать электрические схемы трансформаторных подстанций;
- производить расчет заземляющих устройств и составлять схему контура заземления;
- собирать цепи релейной защиты и автоматики трансформаторных подстанций;
- проверять провода воздушных линий и кабели на термическую стойкость;
- выбирать измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- выбирать высоковольтную коммутационную аппаратуру;
- определять потери напряжения по выбранному сечению проводов и кабелей.
- эксплуатировать системы электроснабжения, автоматизации технологических процессов;

Для лучшего усвоения материала занятия целесообразно сопровождать демонстрацией электрических аппаратов, образцов материалов, а также схем, плакатов, чертежей и видеофильмов. Отдельные занятия рекомендуется проводить в условиях производства, на действующих электроустановках. При проведении занятий особое внимание необходимо уделять составлению схем электроснабжения, расчету проводов, выбору и проверке аппаратуры, расчету защиты, согласованию защит, выработке у учащихся умения технически грамотно и экономически выгодно решать практические задачи. При изложении учебного материала преподавателю необходимо освещать вопросы техники безопасности, пожарной безопасности, гигиены труда и личной гигиены учащихся, охраны окружающей среды.

Также учебной программой предусматривается проведение лабораторных и практических занятий. По каждой лабораторной работе и практическому занятию рекомендуется разработать конкретные задания и методические указания по их выполнению в виде методических указаний, которые сокращают время на инструктирование учащихся и тем самым способствуют эффективному использованию учебного времени, создают условия для правильного и быстрого самостоятельного выполнения работ, дают возможность учащимся проводить самоконтроль знаний соответствующего учебного материала. Лабораторные работы следует проводить в лаборатории, оснащенной соответствующими стендами, образцами аппаратуры и устройств. Перед началом лабораторных работ

необходимо ознакомить учащихся с правилами техники безопасности при проведении лабораторных работ.

Приступая к изучению каждой новой темы учебного предмета, следует ознакомиться с ее содержанием, затем усвоить материал по рекомендуемым учебникам и пособиям, использовать новейшую специально-техническую литературу, а также технические журналы и Технический кодекс установившейся практики (ТКП). Для хорошего усвоения материала необходимо вести конспект, в котором записывать встречающиеся в тексте учебника формулы, вычерчивать электрические и технологические схемы с соблюдением правил ГОСТов и ЕСКД.

Большую пользу в изучении учебного предмета может оказать практическое ознакомление с устройством, оборудованием и эксплуатацией действующих электроустановок по электроснабжению сельскохозяйственных потребителей (электрических станций, понижающих трансформаторных подстанций, воздушных и кабельных линий электропередачи), а также с устройством аппаратов и приборов, установленных в них. Очень полезно посетить ближайший участок электросетей, район или предприятие электросетей, а по возможности - близлежащую электростанцию.

После изучения теоретического материала, разбора решений типовых задач, имеющих в учебниках, следует ответить на вопросы для самоконтроля и приступить к выполнению контрольной работы.

Номера задач и вопросов контрольной работы определяются по таблице вариантов по двум последним цифрам шифра. Контрольная работа должна быть выполнена чернилами, четко, без помарок и исправлений. Условия задач, и тексты вопросов нужно переписывать в работу полностью, без изменений, включая рисунки, если они имеются, и все необходимые данные своего варианта.

Решения задач должны сопровождаться краткими пояснениями, грамотно и аккуратно выполненными электрическими схемами, обязательно с применением чертежного инструмента. Ответы на вопросы излагать своими словами, пользуясь общепринятой технической терминологией, сопровождая их необходимыми рисунками и схемами. Условные обозначения на электрических схемах должны соответствовать действующим правилам ЕСКД и ГОСТам.

Получив проверенную и прорецензированную преподавателем контрольную работу, необходимо внимательно разобраться в замечаниях и внести необходимые исправления и дополнения. В случае возникновения затруднений при изучении материала или выполнении контрольной работы нужно обратиться за консультацией в колледж. Если работа не зачтена, необходимо ее заново выполнить

и прислать на проверку вместе с незачтенной работой. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, не засчитывается.

Тематический план программы носит рекомендательный характер. Обоснованные изменения и дополнения в содержание программного материала и распределение учебных часов по темам в пределах бюджета времени, отводимого учебным планом на теоретические, лабораторные и практические занятия, вносятся цикловыми комиссиями и утверждаются заместителем директора по учебной работе.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

1	2	3	4
Введение	Количество учебных часов		
	всего	в том числе на	
РАЗДЕЛ 1. Электрические станции и подстанции	5	2	Практи-
1.1. Общие сведения об электростанциях	1	Лаборатор-	ческие
1.2. Сельские трансформаторные подстанции и резервные электростанции	4	ные работы	работы
РАЗДЕЛ 2. Устройство наружных электрических сетей	2		
2.1. Устройство воздушных и кабельных линий электропередачи	2		
РАЗДЕЛ 3. Потери электроэнергии в электрических сетях	4		2
3.1. Графики нагрузок и потери электроэнергии в электрических сетях	4		2
РАЗДЕЛ 4. Расчет электрических сетей.	16	2	6
4.1. Регулирование напряжения и определение допустимой потери напряжения в сетях.	4	2	
4.2. Выбор сечения проводов по допустимому нагреву	4		2
4.3. Расчет разомкнутых сетей с равномерной нагрузкой	6		4
4.4. Расчет замкнутых сетей	1		
Обязательная контрольная работа №1	1		
РАЗДЕЛ 5. Токи короткого замыкания и токи замыкания на землю.	10		4
5.1. Общие сведения о коротких замыканиях.	2		
5.2. Трехфазное короткое замыкание в системе неограниченной мощности.	4		2
5.3. Расчет токов короткого замыкания при питании от генераторов конечной мощности	4		2
РАЗДЕЛ 6. Аппаратура и токоведущие части распределительных устройств	6	2	
6.1. Электрическая аппаратура	4	2	
6.2. Выбор электрической аппаратуры	2		
РАЗДЕЛ 7. Измерительные трансформаторы	4		2
7.1. Измерительные трансформаторы тока и напряжения	4		2
РАЗДЕЛ 8. Перенапряжения и защита от них	4		
8.1. Атмосферные перенапряжения и защита от прямых ударов молнии	2		
8.2. Наведенные перенапряжения и защита от них	2		
РАЗДЕЛ 9. Заземление электроустановок	2		

1	2	3	4
9.1. Устройство и порядок расчета заземляющих устройств	2		
РАЗДЕЛ 10. Релейная защита.	22	12	2
10.1. Общие требования к релейной защите.	4	2	
10.2. Виды релейных защит.	10	8	
10.3. Релейная защита трансформаторов.	4	2	
10.4. Согласование релейных защит. Расчет релейной защиты	4		2
РАЗДЕЛ 11. Автоматизация систем сельского электроснабжения.	8	2	
11.1. Автоматизация станций и подстанций.	2		
11.2. Автоматическое повторное включение.	2		
11.3. Автоматическое включение резерва	4	2	
РАЗДЕЛ 12. Надежность электроснабжения	2		
12.1. Надежность электроснабжения и качество электроэнергии	2		
РАЗДЕЛ 13. Основы проектирования установок сельского электроснабжения	2		
14.1. Основы проектирования установок сельского электроснабжения	2		
Итого	88	20	16

ЛИТЕРАТУРА.

основная

1. Янукович, Г. И. Электроснабжение сельскохозяйственного производства: учеб. пособие / Г. И. Янукович. — Минск: ИВЦ Минфина, 2014.— 640 с.
2. Янукович, Г. И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» / Г. И. Янукович. — Минск: ИВЦ Минфина, 2013.—448с
3. Янукович, Г. И. Электроснабжение сельскохозяйственного производства: учеб. пособие / Г. И. Янукович. — Минск: ИВЦ Минфина, 2012.— 365 с.
4. Янукович Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г.И. Янукович. — Минск: ИВЦ Минфина, 2010—440с.
5. Лещинская Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства.—М.:КолосС, 2006.— 368с.
6. Харкута К.С., Яницкий С.В., Ляш Э.В. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства. —М.:ВО. Агропромиздат, 1992г.—223с.

дополнительная

7. Технический кодекс установившейся практики ТКП 339-2011 (02230) «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний». – Мн.: ОАО «Экономэнерго», 2014
8. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4-10кВ сельскохозяйственного назначения. ТКП 385-2012(02230). —Мн.: Минэнерго, 2012. —88с.
9. СТП 09110.20.186-09 Железобетонные опоры для воздушных линий электропередачи напряжением 0,4кВ с самонесущими изолированными проводами марки СИП-4и. Технические требования.—Мн.: ГПО, «Белэнерго».

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ.

1. Электрические станции и подстанции.

При изучении темы желательно посетить ближайшую электростанцию, или район электрических сетей (который имеется в каждом районном центре), или районную трансформаторную подстанцию. Обратите особое внимание на технологический процесс производства электрической энергии на тепловых электростанциях, применяемых в нашей республике. Сравните процесс производства электрической энергии на тепловых, атомных, гидро- и дизельных электростанциях. Классифицируйте шкалу номинальных напряжений в линиях электропередачи до 1 кВ и выше 1 кВ; шкалу номинальных мощностей в силовых трансформаторах и автотрансформаторах. Обратите особое внимание на конструктивное устройство подстанции, на тип силового трансформатора, на типы отключающих аппаратов напряжением выше 1кВ. В конспекте начертите принципиальную электрическую схему трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Классифицируйте типы трансформаторных подстанций. Обратите внимание на критерии надежности сельского электроснабжения, на качество электрической энергии. Обобщите роль дизельных резервных электростанций в электроснабжении сельскохозяйственных потребителей.

Литература: [3], с.5-22; с. 22-60; [4], с. 11-22; [5], с. 3-10; с. 343-365
Вопросы для самоконтроля.

- 1.Что такое электрическая станция?
- 2.Что называем трансформаторной подстанцией?
- 3.Что такое энергетическая система?
- 4.Как классифицируются электростанции?
- 5.Какова роль районных понижающих трансформаторных подстанций?
- 6.Что такое номинальные параметры трансформаторных подстанций?
- 7.Каковы источники электроснабжения сельскохозяйственных потребителей?
- 8.Как конструктивно устроена районная понижающая трансформаторная подстанция 110/35/10 кВ?
- 9.Как классифицируют распредустройства электростанций и подстанций?
- 10.Исходя из каких критериев и условий выбирают схемы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей?
- 11.Как конструктивно устроена дизельная передвижная электрическая станция?

2. Устройство наружных электрических сетей.

Тему необходимо изучать на производстве, на действующих воздушных линиях напряжением 400/230 В и на линиях напряжением 10 кВ, трассы которых проходят по территории деревень, поселков, предприятий и сельской местности.

Изучите и обратите особое внимание на конструкции опор, на изоляторы и арматуру воздушных ЛЭП. Классифицируйте опоры воздушных ЛЭП по назначению.

Изучите габариты воздушных ЛЭП, минимально допустимые сечения алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, исходя из условий механической прочности. Обратите внимание на поэтапность строительства линий. Обратите основное внимание на материал токоведущих частей, на химический состав изоляции проводов и кабелей. Приведите примеры использования изоляционных, электротехнических материалов. Классифицируйте марки неизолированных, изолированных проводов и кабелей. Классифицируйте шкалу стандартных сечений согласно Техническому кодексу установившейся практики (ТКП). Изучите допустимые температуры нагрева проводов и кабелей. Приведите пример выбора сечений проводов по длительно допустимому току. Обобщите согласования при выборе сечений проводов и кабелей и защитных аппаратов. Обратите внимание на выбор аппаратов защиты, исходя из условий избирательности (селективности) работы защиты.

Литература: [3], с. 61-101; с.116-118; [4], с. 63-73,с.78-86; [5], с. 37-58

Вопросы для самоконтроля.

- 1.Как конструктивно устроена линия 400/230 В?
- 2.Какое конструктивное отличие линий 10 кВ от линий 400/230 В?
- 3.Как продлить срок службы деревянных опор?
- 4.Какие марки изоляторов и арматуры применяют в воздушных ЛЭП?
- 5.Как конструктивно устроены изоляторы?
- 6.Какие габариты линий 10 кВ и линий 400/230 В?
- 7.Какие проектные организации занимаются проектированием сельских электроустановок?
- 8.Какие организации занимаются монтажом воздушных ЛЭП?
- 9.Какова поэтапность строительства ЛЭП?
- 10.Что такое изолированный провод?
- 11.Что такое электрический кабель?
- 12.Какие металлы и их сплавы применяют для изготовления токоведущих жил?
- 13.Какие изоляционные электрические материалы применяют в качестве изоляции?
- 14.Какая допустимая температура нагрева для изолированных, проводов и кабелей?
- 15.Как определить допустимый ток для проводов с пластмассовой изоляцией, проложенных открыто?

3. Потери электроэнергии в электрических сетях.

Изучите общие понятия о суточных графиках нагрузок и годовом графике по продолжительности. Обратите внимание на построение годового графика по продолжительности. Классифицируйте графики в зависимости от звена энергосистемы, в зависимости от времени, в зависимости от рода нагрузки. Изучите расчетные формулы для определения потерь электрической энергии в проводах воздушных ЛЭП. Обобщите, из чего складываются потери электрической энергии в силовом

трансформаторе. Обратите внимание на определение времени максимальных потерь τ и времени использования максимальной нагрузки $T_{\max}$.

Литература: [3], с. 102-111; [4], с. 102-111; [6], с. 46-55; [5], с. 75-83

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое графики нагрузок в электросетях?
2. Как классифицируют графики нагрузок?
3. Для чего строят графики нагрузок?
4. Как построить годовой график по продолжительности?
5. Как определить из годового графика по продолжительности время использования максимальной нагрузки $T_{\max}$?
6. Как можно уменьшить потери электрической энергии в проводах ЛЭП и силовых трансформаторах?
7. О чем можно судить по годовому графику по продолжительности?

4. Расчет электрических сетей.

Изучите общие понятия об отклонениях напряжения в сетях. Обобщите, какое влияние оказывают отклонения напряжения на работу приемников электрической энергии: ламп накаливания, люминесцентных ламп, электродвигателей и т.д. Обратите внимание на допустимые отклонения напряжения в сельских сетях согласно Техническому кодексу установившейся практики (ТКП). Вольтметром замерьте напряжение на вводе в производственное помещение (мастерскую, коровник, свинарник и т.д.) и у самого удаленного потребителя и сравните; по этим показателям определите величину отклонений напряжений в начале и в конце линии, а также величину потери напряжения. Приведите пример составления таблицы отклонений напряжений и определения допустимой потери напряжения. Сравните, как влияют на отклонения напряжения в сетях генераторы электростанций, шины 10 кВ районных подстанций и силовые трансформаторы 10/0,4 кВ. Изучите и запишите в конспект расчетные формулы для определения действительной потери напряжения в линиях переменного тока. Обратите особое внимание на расчет и выбор сечений проводов воздушных ЛЭП по наименьшим приведенным годовым затратам (интервалам экономических нагрузок). Обобщите выбор площадей поперечных, сечений проводов методами: по экономической плотности тока; по допустимой потере напряжения; по интервалам экономических нагрузок. Обобщите роль замкнутых сетей и линий с двухсторонним питанием в отклонении критериев надежности сельского электроснабжения. Изучите распределение токов и мощностей в линиях с двухсторонним питанием, определение точки токораздела. Выпишите расчетные формулы в конспект. Обратите внимание на особенности выбора сечений проводов линий с двухсторонним питанием. Изучите, как проверить электрическую сеть на колебание напряжения при пуске асинхронных электродвигателей.

Литература: [3], с. 112-155; [4], с. 82-175; [6], с. 59-98; [5], с. 137-171

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое отклонение напряжения в электрических сетях?

2. Как влияют отклонения напряжения на работу приемников электрической энергии?
3. Какие допустимые отклонения напряжения?
4. Как влияют элементы сети (генераторы, силовые трансформаторы, провода ЛЭП) на отклонения напряжения в сетях?
5. Для чего составляют таблицу отклонений напряжений?
6. Как определить потерю напряжения в сети?
7. От каких параметров зависит потеря напряжения в воздушных ЛЭП?
8. Каким методом выбрать сечения проводов на наименьший расход цветных металлов?
9. Какие воздушные ЛЭП рассчитывают по экономической плотности тока?
10. Какие магистральные линии рассчитывают по допустимой потере напряжения?
11. Какие преимущества выбора сечений проводов воздушных ЛЭП методом интервалов экономических нагрузок?
12. От каких параметров зависит выбор сечений проводов по приведенным годовым затратам?
13. Что такое замкнутая сеть и линия с двухсторонним питанием?
14. Роль линий с двухсторонним питанием в сельском электроснабжении?
15. Для чего и как определяется точка токораздела?
16. Как проверить линию с двухсторонним питанием на аварийный режим?

5. Токи короткого замыкания и токи замыкания на землю.

Классифицируйте причины и виды коротких замыканий в электроустановках. Обобщите мероприятия по улучшению работы электроустановки при уже возникших коротких замыканиях. Обратите внимание на правила составления схемы замещения для данной расчетной схемы при расчете токов короткого замыкания (в конспекте приведите пример составления схемы замещения). Изучите порядок расчета токов короткого замыкания в относительных и именованных единицах. Обратите внимание на расчет однофазных коротких замыканий на землю при напряжении 220 В. Изучите электродинамические и термические действия токов короткого замыкания на отключающую аппаратуру и токоведущие части. Выпишите основные расчетные формулы в конспект.

Литература: [3], с. 156-188; [4], с. 156-188; [6], с. 137-157; [5], с. 172-192

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое короткое замыкание в электроустановке?
2. Причины и виды коротких замыканий?
3. Что такое расчетная схема электроустановки?
4. Для чего составляют схему замещения?
5. С какой целью производят расчет токов короткого замыкания?
6. Как изменяются ток и напряжение электроустановки в начальный момент времени?
7. В каких единицах производят расчет токов и мощностей короткого замыкания?
8. Какие действия оказывают токи короткого замыкания на работу электроустановки?
9. По каким параметрам выбирают и проверяют отключающую аппаратуру?

6. Аппаратура и токоведущие части распределительных устройств.

Изучать тему необходимо на действующей трансформаторной, подстанции напряжением 110/35/10 кВ или 110/10 кВ и 35/10 кВ, в районе или на участке электрических сетей, на своем предприятии, если имеются электроустановки выше 1кВ. Ознакомьтесь с конструктивным устройством шинопроводов, электрических контактов, предохранителей, разъединителей, масляных и вакуумных выключателей, выключателей нагрузки и т.д. Классифицируйте отключающие аппараты по назначению. Обратите внимание на принцип гашения электрической дуги в масле, на открытом воздухе, в вакууме, элегазом и воздухом под давлением. Выпишите в конспект типы отключающих аппаратов, с которыми ознакомитесь. Сравните между собой ручные, пружинные, пружинно-грузовые, электромагнитные приводы, служащие для управления отключающими аппаратами.

Литература: [3], с. 189-231; [4], с; 189-231; [6], с. 98-112; [5], с. 193-248

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего служат отключающие аппараты?
2. Принцип гашения дуги переменного тока в трансформаторном масле?
3. Каково устройство и принцип работы масляного выключателя ВМП-10?
4. Почему наконечники электрических контактов изготавливают из металлокерамики?
5. Каким образом изготавливают металлокерамику?
6. Каково назначение разъединителей? Типы разъединителей, применяемых в сельских сетях.
7. Принцип действия вакуумных выключателей?
8. Назовите типы приводов, применяемых для управления масляными выключателями?

7. Измерительные трансформаторы.

Изучите назначение измерительных трансформаторов тока и напряжения на трансформаторных подстанциях. Обратите внимание на классы точности и типы измерительных трансформаторов. Нарисуйте в конспекте схему включения в сеть измерительного трансформатора напряжения типа НТМИ-10, служащего для контроля изоляции в линиях 10 кВ.

Литература: [3], с. 232-246; [4], с. 232-246; [5], с. 247-257

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначены измерительные трансформаторы тока и напряжения?
2. Какие классы точности должны иметь измерительные трансформаторы, через которые включают ваттметры и счетчики для производства денежных расчетов?
3. В каких электроустановках применяют контроль изоляции фаз по отношению к земле?
4. Какие типы трансформаторов тока применяют в линиях напряжением 10 кВ?

8. Перенапряжения и защита от них.

Изучите причины возникновения атмосферных перенапряжений и их опасность для изоляции электроустановок. Обратите внимание на возникновение молнии в атмосфере и на ее характеристики. Проклассифицируйте аппараты защиты от атмосферных перенапряжений. Сравните конструктивные устройства стержневых и тросовых молниеотводов, служащих для защиты электроустановок от прямых ударов молний. Обратите внимание на конструктивное устройство вентильных и трубчатых разрядников. Изучите искровые промежутки, ограничители перенапряжений. Обобщите назначение различных видов разрядников, искровых промежутков и ограничителей перенапряжений.

Литература: [3], с. 247-270; [4], с. 247-270; [5], с. 317-335

Вопросы для самоконтроля.

1. Как возникает молния в атмосфере?
2. Что такое перенапряжение в электроустановках?
3. Какова величина перенапряжений и токов, сопровождающих молнию?
4. Как устроены и работают трубчатые разрядники?
5. Как устроены и работают вентильные разрядники?
6. Как устроены и работают ограничители перенапряжений?
7. Как конструктивно устроены стержневые молниеотводы?
8. Как устроены и где применяют тросовые молниеотводы?

9. Заземление электроустановок.

Изучите конструктивные особенности заземляющих устройств трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ и повторных заземлений нейтрального провода воздушных линий 400/230 В. Особое внимание обратите на материал, из которого выполняют вертикальные электроды-заземлители и горизонтальную полосу связи. Изучите нормы на заземляющие устройства согласно Техническому кодексу установившейся практики (ТКП). В конспекте приведите пример расчета заземляющего устройства подстанции 10/0,4 кВ.

Литература: [3], с. 271-279; [4], с. 271-279; [5], с. 336-342

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое заземляющее устройство?
2. Какова роль заземлений в электроустановках выше 1 кВ?
3. Какова роль зануления в электроустановках до 1 кВ?
4. Для чего служит нейтральный провод в воздушных ЛЭП 400/230 В?
5. Назовите нормы на заземляющие устройства в установках до 1 кВ и выше 1 кВ?
6. Какова роль рабочего и защитного заземления?

10. Релейная защита.

Релейная защита должна по возможности изучаться на производстве в электрических сетях или на районной трансформаторной подстанции. Изучите назначение релейных защит и основные требования к ним, виды релейных защит. Классифицируйте реле по принципу действия, по характеру величины, на которую они реагируют, по способу включения в цепь, по способу воздействия на механизм отключения приводов. Сравните принцип действия электромагнитных и индукционных реле. Изучите максимальные токовые защиты и токовые отсечки силовых трансформаторов и отходящих линий 10 кВ. Обратите внимание на изучение дифференциальных и газовых защит силовых трансформаторов. Изучите защиту линий 0,4 кВ от однофазных коротких замыканий и устройствами ЗТ-0,4 УЗ.

Литература: [3], с. 280-307; [4], с. 280-307; [5], с. 265-292

Вопросы для самоконтроля

1. Какое назначение релейных защит?
2. Виды релейных защит, применяемых в сельских электроустановках?
3. По каким признакам классифицируют реле?
4. Основные требования, предъявляемые к релейной защите?
5. Запишите формулу для определения тока сбрасывания максимальной токовой защиты линий и силовых трансформаторов?
6. Как определить уставку реле токовой отсечки линии 10 кВ?
7. Какие виды защит применяют для силовых трансформаторов 35/10 кВ?
8. На чем основан принцип действия дифференциальных токовых защит силовых трансформаторов?
9. Как конструктивно устроено индукционное токовое реле РТ-90?
10. Принцип действия и устройство газовых реле Бухгольца типа ВГ-80.
11. Какова область применения защиты ЗТ-0,4 УЗ?

11. Автоматизация систем сельского электроснабжения.

Изучите преимущества автоматических устройств станций и подстанций. Обратите внимание на процессы, подлежащие автоматизации на станциях и подстанциях. Автоматическое секционирование сетей напряжением 10 кВ. Классифицируйте автоматические устройства, применяемые в настоящее время на районных трансформаторных подстанциях. Изучите работу схемы электрического автоматического повторного включения (АПВ) и автоматического включения резервного трансформатора на подстанции (АВР). Обратите внимание на работу схемы управления отделителем и короткозамыкателем. Автоматизация дизельных электростанций.

Литература: [3], с. 307-315; [4], с. 307-315; [5], с. 298-316

Вопросы для самоконтроля.

1. Какие преимущества дает применение автоматических устройств?
2. В чем сущность применения автоматического секционирования сетей 10 кВ?
3. Какова область применения электрического автоматического повторного включения (АПВ)?
4. Что дает для сельского электроснабжения применение автоматического включения резервного (АВР) силового трансформатора?
5. Какие виды сигнализации применяют на районных подстанциях?
6. Когда применяют автоматическую частотную разгрузку энергосистемы (АЧР)?

12. Надежность электроснабжения.

Надежность электроснабжения и способы ее повышения. Организационно-технические и технические мероприятия. Качество электрической энергии. Показатели качества электрической энергии. Требования и нормы качества электроэнергии в соответствии с ГОСТ 13109-97.

Литература: [3], с. 325-340, с.27-30; [4], с. 325-340; [5], с. 11-22

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислите основные показатели качества электрической энергии.
2. Что такое отклонение напряжения?
3. Что такое несимметрия трехфазной системы напряжений?
4. Что такое надежность электроснабжения?
5. Перечислите способы повышения надежности электроснабжения.
6. Перечислите способы повышения качества электроэнергии.

Таблица вариантов контрольной работы по учебному предмету
«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА».

Предпоследняя цифра	Последняя цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1в,5в,4 б, 18к,5.3	1г,6в,10м, 19ж,5.13	1д,6н,10 б, 20в,5.23	1е,7з,11в, 21д,5.32	1ж,8в,11н, 22з,5.1	1з,9в,13 б, 23г,5.11	1и,12в,14 б, 24е,5.21	1к,12н,15в, 25и,5.31	1а,14в,16 б, 26з,5.41	1 б,15в,17з, 27и,5.9
1	2в,5г,4в, 18а,5.4	2г,6г,10а, 19з,5.14	2д,6о,10а, 20д,5.24	2е,7и,11г, 21е,5.34	2ж,8г,11о, 22и,5.44	2з,9г,13а, 23д,5.12	2и,12г,14а, 24ж,5.22	2к,12о,15г, 25к,5.32	2а,14г,16и, 26 б,5.42	2б,15г,17и, 27к,5.10
2	3в,5д,4к, 18б,5.5	3г,6д,10к, 19и,5.15	3д,6п,10ф, 20г,5.25	3е,7к,11д, 21ж,5.35	3ж,8д,11п, 22к,5.3	3з,9д,13к, 23е,5.13	3и,12д,14к, 24з,5.23	3к,12п,15д, 25а,5.33	3а,14д,16а, 26в,5.43	3б,15д,17к, 27а,5.11
3	1в,5е,4ж, 18в,5.6	1г,6е,10и, 19к,5.16	1д,6а,10у, 20е,5.22	1е,7а,11е, 21з,5.36	1ж,8е,11р, 22а,5.4	1з,9е,13и, 23ж,5.14	1и,12е,14и, 24к,5.24	1к,12а,15е, 25б,5.34	1а,14е,16к, 26г,5.44	1б,15е,17а, 27б,5.12
4	2в,5ж,4и, 18г,5.7	2г,6ж,10з, 19а,5.17	2д,6м,10т, 20ж,5.27	2е,7м,11ж, 21и,5.37	2ж,8ж,11с, 22б,5.5	2з,9ж,13з, 23з,5.15	2и,12ж,14з, 24а,5.25	2к,12б,15ж, 25в,5.35	2а,14ж,16з, 26д,5.3	2б,15ж,17б, 27в,5.13
5	3в,5з,4е, 18д,5.8	3г,6з,10д, 19б,5.18	3д,7в,10с, 20з,5.28	3е,7н,11а, 21к,5.38	3ж,8з,11т, 22в,5.6	3з,9з,13ж, 23и,5.16	3и,12з,14ж, 24и,5.26	3к,7в,15з, 25г,5.36	3а,14з,16ж, 26к,5.4	3б,15з,17в, 27г,5.14
6	1в,5и,4з, 18е,5.9	1г,6и,10е, 19в,5.19	1д,7г,10р, 20и,5.29	1е,7о,11и, 21а,5.39	1ж,8и,11у, 22г,5.7	1з,9и,13е, 23к,5.17	1и,12и,14е, 24в,5.27	1к,7г,15и, 25д,5.35	1а,14и,16е, 26е,5.5	1б,15и,17г, 27д,5.15
7	2в,5к,4д, 18ж,5.10	2г,6к,10д, 19г,5.20	2д,7д,10п, 20к,5.30	2е,7п,11к, 21б,5.40	2ж,8к,11ф, 22д,5.8	2з,9к,13д, 23а,5.18	2и,12к,14д, 24г,5.28	2к,7д,15к, 25е,5.38	2а,14к,16д, 26ж,5.6	2б,15к,17д, 27е,5.16
8	3в,5а,4г, 18з,5.11	3г,6л,10г, 19д,5.21	3д,7е,10о, 20а,5.31	3е,7а,11л, 21в,5.41	3ж,8а,11а, 22е,5.9	3з,9а,13г, 23б,5.19	3и,12л,14г, 24б,5.29	3к,7е,15а, 25ж,5.39	3а,14а,16г, 26и,5.7	3б,15а,17е, 27ж,5.17
9	1в,5б,4в, 18и,5.12	1в,6м,10в, 19е,5.22	1д,7ж,10н, 20б,5.32	2ж,7б,11м, 21в,5.42	2з,8б, 11б, 22ж,5.10	2и,9б,13в, 23в,5.20	3к,12м,14в, 24д,5.30	3а,7ж,15б, 25з,5.40	3б,14б,16в, 26а,5.8	1а,15б,17ж, 27з,5.18

Контрольная работа.

Задача 1.

Выбрать предохранители, плавкие вставки, марки и сечения проводов и кабеля для электрической сети (рис.1) напряжением 400/230 В, прокладываемой в механической мастерской. Линия от РЩ1 до РЩ2 выполняется кабелем с алюминиевыми жилами с ПВХ изоляцией, проложенным открыто. Линия от РЩ2 до РЩ3 и ответвления к электродвигателям выполняются трехжильным проводом АПРТО, проложенным в стальных трубах. Осветительная магистраль выполняется проводом АПВ.

Температура в помещении, где установлен двигатель2: +30°C, в остальных помещениях: +25°C. Все потребители могут работать одновременно.

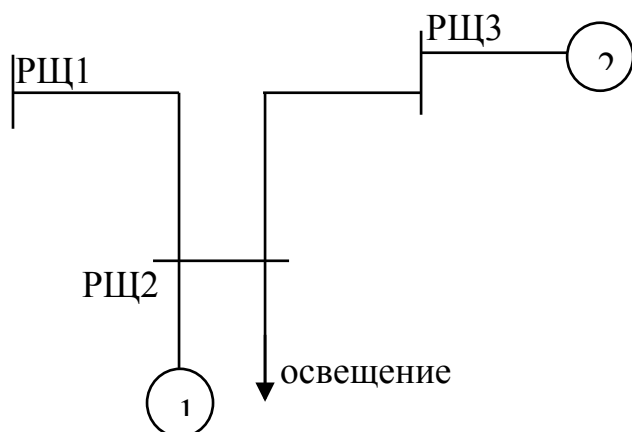


Рисунок1.

Таблица вариантов задачи 1.

Варианты задачи	Марки электродвигателей		Коэффициенты загрузки электродвигателей, Кз		Росвещ, кВт
	Двигатель 1	Двигатель 2	Двигатель 1	Двигатель 2	
А	АИР132М2У3	АИР132S6У3	0,9	1	16
Б	АИР160М4У3	АИР112М4У3	0,85	1	14
В	АИР160М6У3	АИР112М2У3	1	1	15
Г	АИР180S4У3	АИР90L2У3	0,9	1	10
Д	АИР160S4У3	АИР132S4У3	0,85	0,9	20
Е	АИР160М4У3	АИР160М6У3	0,8	1	18
Ж	АИР180S4У3	АИР132М4У3	1	0,85	17
З	АИР132S6У3	АИР200М8У3	0,9	1	18
И	АИР132М2У3	АИР100L 4У3	1	0,8	11
К	АИР180М6У3	АИР112МВ6У3	0,8	1	13

Задача 2.

Выбрать автоматические выключатели с комбинированными расцепителями, сечения проводов и кабеля для электрической сети 400/230 В, прокладываемой в невзрывоопасном производственном помещении (рис.2). Линия ТП-РЩ1 выполняется кабелем с алюминиевыми жилами, прокладываемым в земле. Осветительные магистрали выполняются проводом АПВ, прокладываемым открыто. Вся остальная проводка выполняется проводом АПРТО в стальных трубах. На участке ТП-РЩ1 коэффициент одновременности (K_0) равен 0,8; на участке РЩ1-РЩ3 $K_0=0,9$; на участке РЩ1-РЩ2 $K_0=1$.

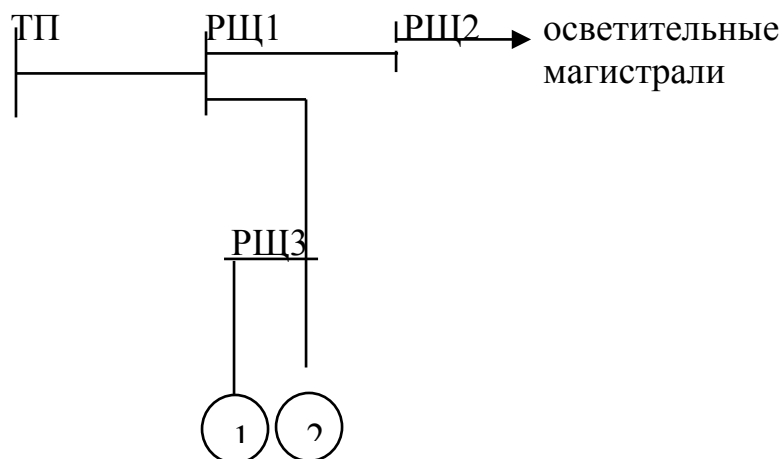


Рисунок 2.

Таблица вариантов задачи 2.

Варианты задачи	Марки электродвигателей		Коэффициенты загрузки Электродвигателей, Кз		Росвещ, кВт
	Двигатель 1	Двигатель 2	Двигатель 1	Двигатель 2	
А	АИР112М4У3	АИР132С4У3	0,9	1	17
Б	АИР132М2У3	АИР132М6У3	0,85	1	13
В	АИР100С4У3	АИР132М4У3	0,8	0,9	12
Г	АИР132С6У3	АИР132М6У3	0,85	0,8	9
Д	АИР100С2У3	АИР160С8У3	1	0,8	8
Е	АИР112М2У3	АИР100L 4У3	0,9	0,85	11
Ж	АИР180М6У3	АИР132М4У3	0,8	1	7
З	АИР160С4У3	АИР132М6У3	0,85	1	13
И	АИР160С8У3	АИР132С6У3	0,9	0,85	15
К	АИР112М4У3	АИР160С4У3	0,9	0,8	10

Задача 3.

Выбрать предохранители, плавкие вставки и сечения проводов и кабеля для электрической сети 400/230 В (рис.3) невзрывоопасного производственного помещения; линия РЦ1-РЦ2 выполняется кабелем с алюминиевыми жилами в земле. Осветительная магистраль выполняется проводом АПВ открыто. Вся остальная проводка выполняется проводом АПРТО в стальных трубах. На участке РЦ1-РЦ2 $K_0=0,85$; на участке РЦ2-РЦ3 $K_0=1$.

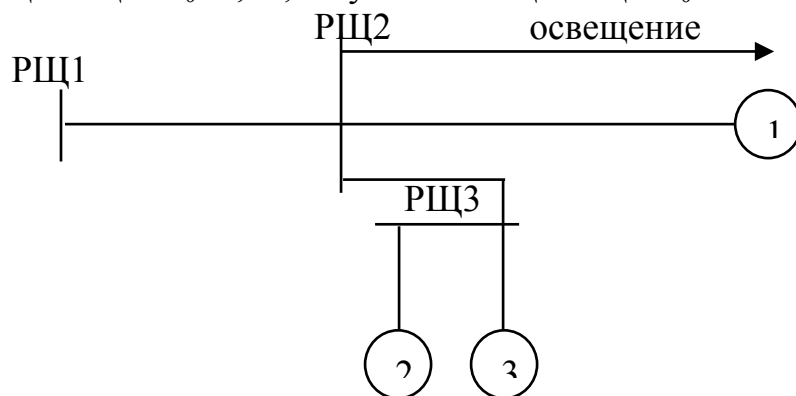


Рисунок 3.

Таблица вариантов задачи 3.

Варианты задачи	Марки электродвигателей			Коэффициенты загрузки электродвигателей, K_z			$P_{освещ},$ кВт
	Двигатель 1	Двигатель 2	Двигатель 3	Двигатель 1	Двигатель 2	Двигатель 3	
А	АИР160S4У3	АИР132S6У3	АИР132М6У3	1	0,8	0,9	14
Б	АИР132М4У3	АИР100L 4У3	АИР90L 4У3	0,8	1	1	18
В	АИР180М8У3	АИР112М4У3	АИР132М6У3	0,9	1	0,8	10
Г	АИР132S4У3	АИР132М4У3	АИР90L2У3	0,9	1	0,85	15
Д	АИР160S8У3	АИР100L 4У3	АИР132М2У3	1	0,9	1	19
Е	АИР200М8У3	АИР132М2У3	АИР90L2У3	0,85	1	1	14
Ж	АИР180М8У3	АИР112М4У3	АИР100S2У3	0,8	0,9	1	12
З	АИР60М4У3	АИР112М2У3	АИР112М4У3	1	1	1	17
И	АИР200М8У3	АИР112М2У3	АИР100L2У3	0,95	0,9	1	11
К	АИР160М4У3	АИР90L2У3	АИР132S6У3	1	0,8	0,9	13

Характеристика асинхронных двигателей (к задачам 1,2,3).

Марка электродвигателя	P_n , кВт	КПД η , %	$\cos \varphi$	Кратность пускового тока, K_i
АИР90L2У3	3	84,5	0,88	7,0
АИР100S2У3	4	87	0,88	7,5
АИР100L 2У3	5,5	88	0,89	7,5
АИР112М2У3	7,5	87,5	0,88	7,5
АИР132М2У3	11	88,0	0,90	7,5
АИР90L4У3	2,2	81,0	0,83	6,5
АИР100L4У3	4,0	85,0	0,84	7,0
АИР100S4У3	3,0	82,0	0,83	7,0
АИР112М4У3	5,5	86,5	0,86	7,0
АИР132S4У3	7,5	87,5	0,86	7,5
АИР132S6У3	5,5	84	0,80	7,0
АИР132М4У3	11,0	87,5	0,87	7,5
АИР160S4У3	15,0	80,0	0,86	7,0
АИР160М4У3	18,5	80,5	0,89	7,0
АИР112МВ6У3	4,0	82,0	0,81	6,0
АИР160М6У3	15,0	87,0	0,85	6,5
АИР160S6У3	11,0	86,0	0,83	6,5
АИР180М6У3	18,5	89,5	0,85	6,5
АИР160S8У3	7,5	85,5	0,65	6,0
АИР180М8У3	15	88,0	0,82	5,5
АИР200М8У3	18,5	90,0	0,81	6,0
АИР180S4У3	22	90,6	0,87	7,0
АИР132М6У3	7,5	85,5	0,81	7,0

Задача 4.

Определить по экономической плотности тока экономическое сечение алюминиевых проводов на участках воздушной линии, изображенной на рис.4. Графики нагрузок на всех ТП подобны. На графике нагрузок (рис.5) мощности участков линии даны в процентах от установленных мощностей, присоединенных к данным участкам.

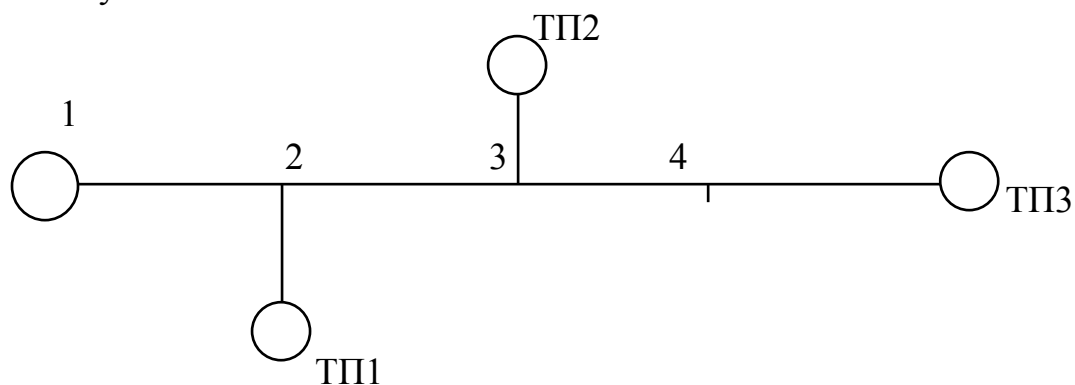


Рисунок 4.

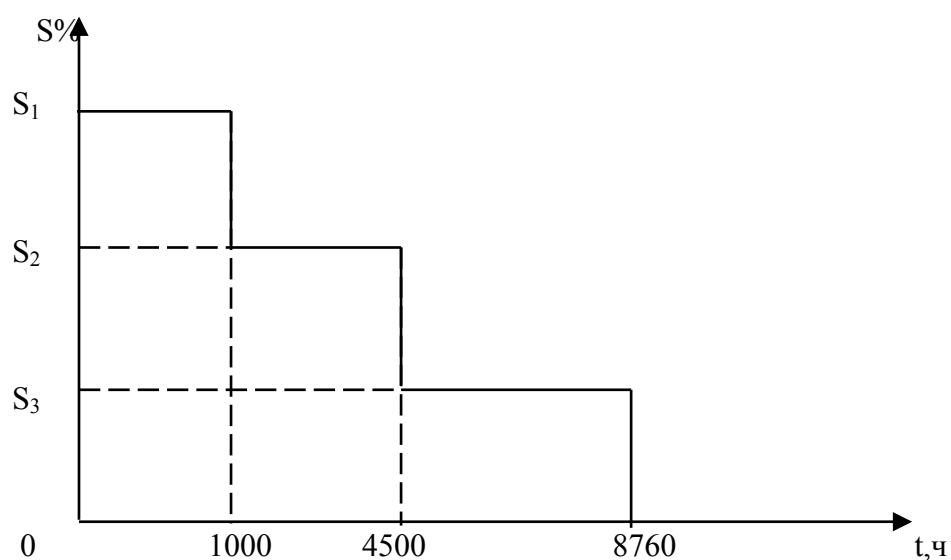


Рисунок 5.

Таблица вариантов задачи 4.

Варианты задачи	Номинальное напряжение линии, кВ	cos φ	Установленные мощности потребителей подстанций, кВА			Мощности по годовому графику, %		
			ТП1	ТП2	ТП3	S ₁	S ₂	S ₃
А	10	0,8	160	250	100	90	60	30
Б	6	0,85	160	100	400	85	70	40
В	10	0,9	63	160	250	80	65	35
Г	10	0,83	100	160	160	90	75	50
Д	6	0,92	250	160	100	95	80	45
Е	10	0,81	160	320	63	90	60	30
Ж	10	0,84	250	160	100	100	80	50
З	6	0,88	100	400	250	92	74	42
И	10	0,95	200	250	100	75	50	30
К	6	0,9	40	160	400	85	65	35

Задача 5.

Определить годовые потери электроэнергии в силовом трансформаторе в процентах от переданной за год энергии. Годовой график по продолжительности для трансформатора изображен на рис.6.

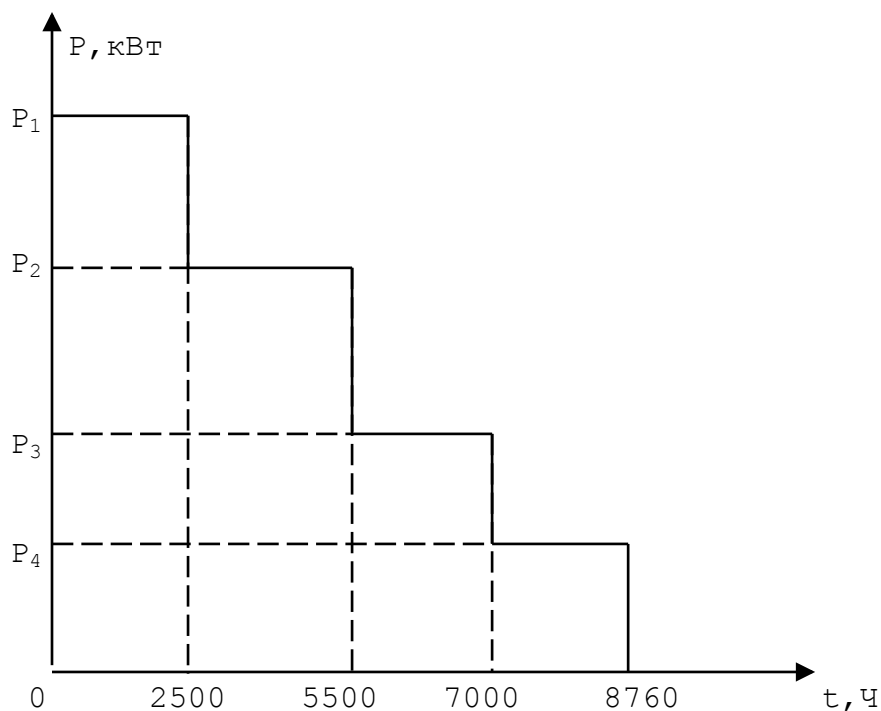


Рисунок 6.

Таблица вариантов задачи 5.

Вариант ы задачи	Номинальная мощность трансформа- тора, кВт	Потери мощности в меди и стали трансформатора, кВт		cos φ нагруз- ки	Мощности по графику, кВт			
		ΔР _м	ΔР _с		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
А	2500	22	6,5	0,8	1800	1400	1200	650
Б	1600	16,5	5,0	0,85	1100	850	680	340
В	4000	33,5	9,5	0,82	2800	2200	1500	820
Г	160	2,65	0,66	0,9	125	100	75	45
Д	1000	12,2	2,75	0,86	690	515	360	180
Е	250	3,7	0,78	0,83	200	140	100	50
Ж	100	1,97	0,34	0,94	85	57	38	19
З	400	5,5	1,08	0,84	300	230	150	84
И	6300	50,0	13,0	0,8	4000	3200	2400	1520
К	63	1,28	0,265	0,95	62	38	32	18

Задача 6.

От воздушной линии длиной ℓ питается потребитель с максимальной мощностью $P_{\max}$ и коэффициентом мощности $\cos\varphi_1$. Определить, на сколько (кВт·ч) уменьшатся годовые потери электроэнергии в линии, если коэффициент мощности потребителя увеличится до значения $\cos\varphi_2$.

Таблица вариантов задачи 6.

Варианты задачи	Номинальное напряжение линии U_n , кВ	Длина линии ℓ , км	Марка провода	Максимальная мощность потребителя $P_{\max}$, кВт	Время максимальных потерь τ , ч	$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$
А	6	8	АС25	300	2500	0,7	0,9
Б	10	14	АС35	500	3000	0,68	0,93
В	20	25	А50	800	1800	0,65	0,85
Г	35	40	АС35	1700	2700	0,72	0,88
Д	6	10	АС16	250	3200	0,78	0,95
Е	10	12	А25	600	4000	0,74	0,92
Ж	20	18	АС25	1000	2200	0,73	0,9
З	35	36	АЖ35	950	3600	0,67	0,86
И	6	12	АЖ25	200	2800	0,77	0,94
К	10	15	АЖ25	350	2400	0,70	0,92
Л	0,38	0,18	4А35	45	2100	0,72	0,94
М	0,38	0,12	4А25	60	3000	0,73	0,95
Н	6	7	АС16	220	2300	0,69	0,91
О	10	5	А35	650	3400	0,75	0,94
П	0,38	0,15	4А50	70	3500	0,74	0,93

Задача 7.

Определить путем составления таблицы отклонений напряжения допустимые потери напряжения в % от номинального напряжения в ВЛ 10кВ и ВЛ 0,4кВ (рис.7), приняв для ВЛ10кВ, питающей ТП2, 60% от суммарных допустимых потерь напряжения. потери напряжения в ВЛ10кВ, питающей ТП1, принять равными нулю.

Потребительские трансформаторы с ПБВ (без автоматического регулирования напряжения под нагрузкой) со ступенями регулирования $\pm 2 \times 2,5\%$.

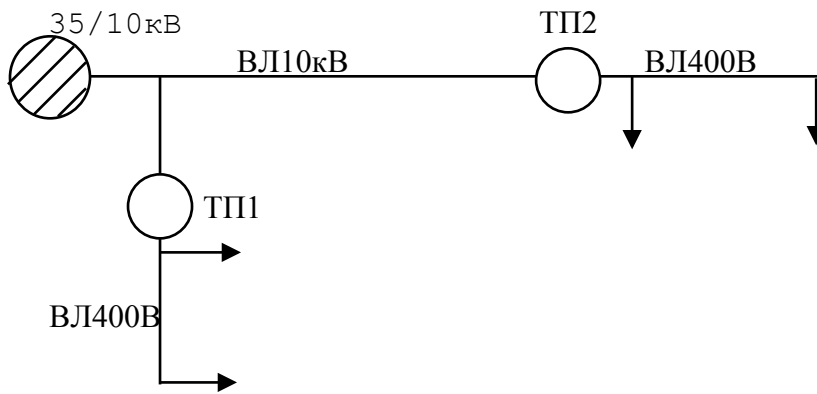


Рисунок 7.

Таблица вариантов задачи 7.

Исходные данные	Варианты задачи														
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П
Уровень напряжения на шинах 10кВ подстанции 35/10кВ, %: а) при нагрузке 100%	+5	-3	+5	0	-4	-2	-6	+3	+4,5	-5	+6	+3	-4	+4,5	-5
б) при нагрузке 25%	+5	+2	0	+3	-1	+1	-2	+3	+1,5	-1,2	+1,5	0	+1	0	0

Задача 8.

Определить потери напряжения до точки «З» в трехфазной линии переменного тока (рис.8). Марки и сечения проводов указаны на схеме. Остальные необходимые данные для расчета приведены в таблице вариантов. Нагрузки даны в кВА.

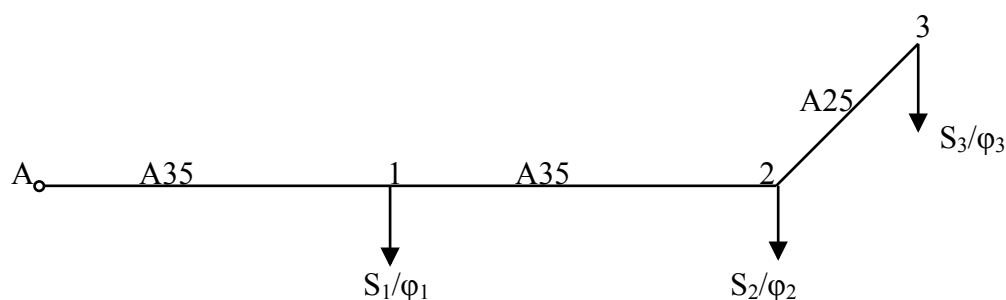


Рисунок 8.

Таблица вариантов задачи 8.

Исходные данные	Варианты задачи									
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
Uн, кВ	10	10	6	6	10	10	10	6	10	6
Dср, км	1,0	1,25	0,8	0,8	1,0	1,0	1,25	0,9	1,2	1,0
S ₁ / cosφ ₁	150/ 0,8	200/ 0,75	50/ 0,85	70/ 0,9	200/ 0,8	160/ 0,85	55/ 0,8	35/ 0,92	220/ 0,8	80/ 0,8
S ₂ / cosφ ₂	80/ 0,8	35/ 0,9	100/ 0,8	65/ 0,78	140/ 0,8	70/ 0,9	180/ 0,85	60/ 0,85	130/ 0,85	120/ 0,9
S ₃ / cosφ ₃	100/ 0,9	120/ 0,8	90/ 0,9	85/ 0,8	100/ 0,7	80/ 0,75	100/ 0,9	120/ 0,8	60/ 0,9	20/ 1,0
ℓ _{A-1} , км	4,0	3,0	2,4	6,0	5,0	2,0	5,5	1,5	2,5	1,0
ℓ ₁₋₂ , км	5,0	6,0	4,0	3,0	4,5	5,2	4,0	6,0	4,8	3,0
ℓ ₂₋₃ , км	3,0	4,0	2,6	1,5	1,8	3,4	3,0	3,2	2,0	2,5

Задача 9.

Определить потери напряжения до точки «3» в процентах от Uн в трехфазной линии переменного тока. Марки и сечения проводов указаны на схеме (рис.9). Остальные исходные данные, необходимые для расчета, приведены в таблице вариантов. Нагрузки даны в амперах.

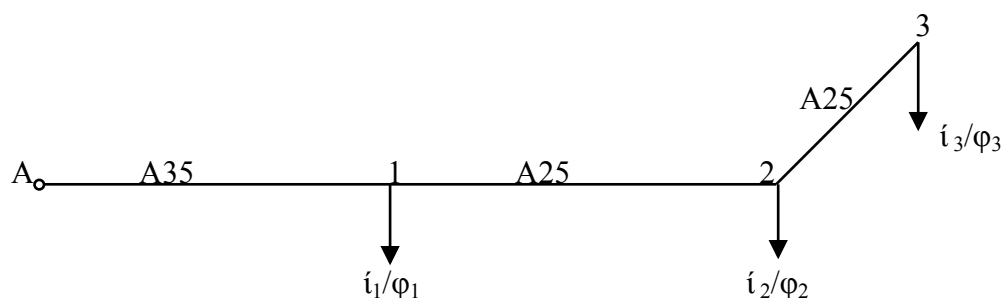


Рисунок 9.

Таблица вариантов задачи 9.

Исходные данные	Варианты задачи									
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
U_H , кВ	10	6	0,38	10	6	0,38	10	6	0,38	10
$D_{ср}$, км	1,0	0,8	0,4	1,25	1,0	0,6	1,0	0,8	0,4	1,0
$i_1 / \cos \varphi_1$	20/ 0,8	16/ 0,85	14/ 0,9	6/ 0,8	11/ 0,9	10/ 0,85	12/ 0,8	5/ 1,0	15/ 0,9	16/ 0,8
$i_2 / \cos \varphi_2$	12/ 0,9	15/ 0,8	8/ 0,95	10/ 0,8	4/ 0,9	7/ 0,85	11/ 0,8	13/ 0,8	10/ 1,0	14/ 0,9
$i_3 / \cos \varphi_3$	9/ 0,85	7/ 0,9	6/ 1,0	8/ 0,8	5/ 0,9	12/ 0,85	17/ 0,85	7/ 0,9	7/ 0,8	5/ 0,8
ℓ_{A-1} , км	3,6	2,0	0,2	5,0	4,0	0,15	6,0	4,5	0,2	2,5
ℓ_{1-2} , км	4,0	3,5	0,15	3,0	3,5	0,2	2,5	3,0	0,25	4,8
ℓ_{2-3} , км	2,0	1,5	0,3	2,5	3,0	0,1	2,0	2,6	0,1	2,2

Задача 10.

Для воздушной линии трехфазного тока (рис.10) выбрать алюминиевые провода по условию постоянства площади их поперечного сечения по всей длине линии.

Задача 11.

На проектируемой воздушной линии трехфазного тока (рис.10) намечено смонтировать алюминиевые провода. Определить площади поперечных сечений проводов по условию наименьшего расхода цветного металла.

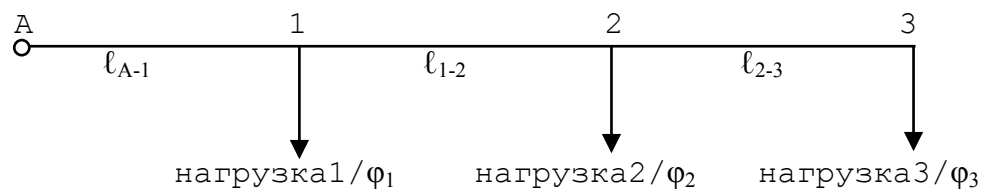


Рисунок 10.

Таблица вариантов задач 10 и 11.

Исходные данные	Варианты задачи																			
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф
U _н , кВ	10	6	20	0,38	10	6	20	0,38	10	6	20	0,38	10	6	20	0,38	10	6	20	0,38
D _{ср} , км	1,0	0,8	1,25	0,4	1,0	0,8	1,25	0,4	1,0	0,8	1,25	0,4	1,0	0,8	1,25	0,4	1,0	0,8	1,25	0,4
Наименование нагрузок	кВА	кВА	кВА	кВА	кВт	кВт	кВт	кВт	А	А	А	А	кВА	кВА	кВА	кВА	кВт	кВт	кВт	кВт
Нагрузка 1	400	300	600	15,0	200	160	800	17,0	20,0	13	18,0	26,0	360	200	750	14,0	500	180	900	5,5
Нагрузка 2	350	250	500	12,0	240	200	400	13,0	12,0	16	14,0	12,0	280	160	600	8,0	150	120	600	8,0
Нагрузка 3	250	200	700	8,0	160	120	500	12,0	7,0	8,0	12,0	5,0	220	100	400	6,0	260	160	400	3,6
$\Delta U_{\text{доп}}$, %	7,0	8,0	5,0	8,0	6,0	7,5	5,5	4,5	6,3	7,2	4,5	4,8	5,7	6,5	4,2	6,3	6,7	7,0	6,5	4,8
$\cos\varphi_1$	0,8	0,8	0,85	0,9	0,8	0,85	0,8	0,9	0,82	0,9	0,86	0,95	0,84	0,82	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,92
$\cos\varphi_2$	0,85	0,9	0,82	0,85	0,8	0,85	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,88	0,8	0,92	0,8	0,85	0,87	0,85	0,8	0,85
$\cos\varphi_3$	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,8	0,9	0,85	0,8	0,83	0,9	0,88	0,8	0,9	0,95	0,83	0,8	0,85	0,87
ℓ_{A-1} , км	5,0	4,0	8,0	0,2	4,0	3,0	10,	0,1	3,5	2,6	6,5	0,16	5,3	5,0	7,0	0,3	3,5	3,0	7,0	0,22
ℓ_{1-2} , км	4,0	3,0	10,	0,3	6,0	2,0	5,0	0,15	4,2	3,2	7,0	0,12	4,0	3,0	5,0	0,2	4,2	2,5	9,0	0,14
ℓ_{2-3} , км	6,0	5,0	7,0	0,1	2,0	4,0	6,0	0,2	5,0	4,5	5,5	0,15	5,7	4,0	9,0	0,4	2,8	5,5	8,0	0,24

Задача 12.

Определить приведенные годовые затраты для воздушной линии трехфазного тока, годовой график по продолжительности которой изображен на рис.11.

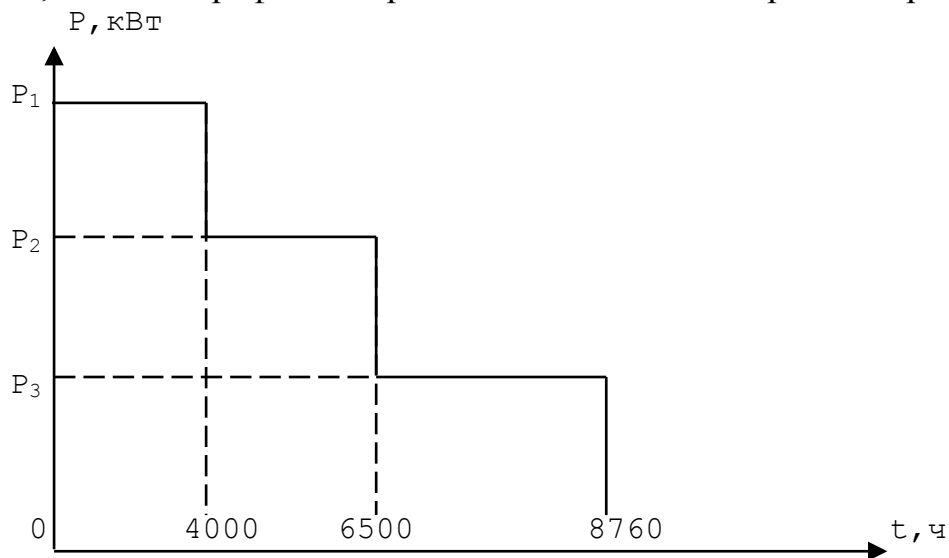


Рисунок 11.

Таблица вариантов задачи 12.

Варианты задачи	U _л линии, кВ	cosφ нагрузки	Марка и сечение провода	Длина линии, км	Мощности на графике нагрузок, кВт			Стоимость сооружения 1км линии, тыс. руб.	Отчисления на амортизацию, %	Количество условных единиц на 1 км линии	Цена 1 кВт·ч потерянной электроэнергии, руб
					P ₁	P ₂	P ₃				
А	10	0,85	А35	12	500	300	200	2,41	3,6	2,1	2,7
Б	10	0,88	А50	14	400	250	200	2,69	5,7	1,7	2,22
В	6	0,9	А35	8	450	300	180	2,71	3,6	2,1	2,7
Г	20	0,8	АС50	23	700	400	300	3,4	3,6	2,1	1,85
Д	35	0,8	АС70	40	2000	1400	800	4,6	4,9	1,4	2,22
Е	10	0,82	АС35	16	450	350	250	2,67	5,7	1,7	1,9
Ж	10	0,92	АС16	9	300	200	100	2,27	5,7	1,7	2,7
З	35	0,83	АС50	34	1600	1000	600	4,5	4,9	1,4	1,51
И	20	0,84	АС35	22	800	600	400	3,2	3,6	2,1	2,3
К	6	0,87	А50	10	300	200	100	2,74	3,6	2,1	1,9
Л	10	0,85	АС25	11	550	350	200	2,26	3,6	2,1	2,7
М	6	0,93	А25	7	450	300	200	2,57	5,7	1,7	2,22
Н	35	0,81	АС50	33	1900	1300	700	4,3	4,9	1,4	1,51
О	20	0,82	А50	18	800	600	400	3,15	3,6	2,1	1,6
П	10	0,86	А35	13	420	320	120	2,52	3,6	2,1	1,9

Примечание: цена 1кВт·ч электроэнергии взята несуществующая, для разнообразия вариантов.

Задача 13.

Выбрать по наименьшим приведенным годовым затратам (по интервалам экономических нагрузок) провода для ВЛ 10кВ (рис.12), сооружаемой на деревянных опорах в 1 климатическом районе по гололеду. Для выбранных проводов определить максимальную потерю напряжения. Результаты расчетов по определению нагрузок по участкам ВЛ, выбору проводов и определению потерь напряжения свести в таблицу. Образец таблицы приведен в Л-5, с.82-83.

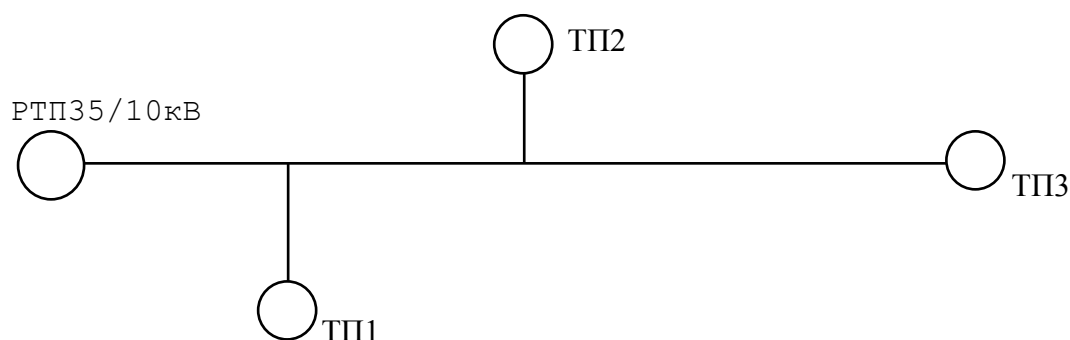


Рисунок 12.

Таблица вариантов задачи 13.

Варианты задачи	Максимальная расчетная мощность ТП S_{max} , кВА			Длина участков ВЛ 10кВ, км			Коэффициент мощности нагрузок, $\cos\phi$	Коэффициент динамики роста
	ТП1	ТП2	ТП3	ℓ_{A-1}	ℓ_{1-2}	ℓ_{2-3}		
А	220	80	140	4	5,5	3,5	0,86	0,7
Б	120	210	60	6	3,2	4,5	0,8	0,75
В	135	170	230	2,5	7,0	5,2	0,9	0,8
Г	480	62	175	3,0	6,5	4,2	0,88	0,85
Д	85	280	125	5,4	3,3	4,8	0,82	0,78
Е	360	75	110	3,6	4,4	2,8	0,84	0,82
Ж	74	140	250	4,5	6,5	3,0	0,8	0,7
З	115	300	150	4,6	5,4	5,0	0,78	0,72
И	240	60	130	3,2	6,0	4,5	0,92	0,7
К	44	86	270	4,8	1,5	3,6	0,86	0,75

Интервалы экономических нагрузок для основных и дополнительных проводов ВЛ 10кВ на деревянных опорах при толщине слоя гололеда $b=5\text{мм}$ и длине линии до 25км (к задаче 13).

Интервал экономических нагрузок, кВА	Рекомендуемый провод для данного интервала	Возможные варианты внутри интервала		Превышение затрат
		Мощность, кВА	Марка провода	
0...80	ПСТ5 (ПСО5)	0...80	ПС25	10,0
		15...80	АС16	10,0
		60...80	А25	10,6
		65...80	АС25	10...6,4
80...225	АС16	80...225	А25	6...0
		80...225	АС25	6,4...1,7
		155...225	А35	10...4,8
		80...177	ПС25	0...10
225...400	А25	225...400	А35	4,8...0
		225...400	АС35	6,6...3,5
		225...400	А50	10...4
		225...400	АС25	1,7...2,3
		225...400	АС16	0...8,4
400...525	А35	400...525	А50	4...0
		400...525	АС50	6,3...2,5
		400...525	А70	10...7,9
		400...525	АС35	3,5...2,3
		400...525	А25	0...4
		400...525	АС25	2,3...7
		400...428	АС16	8,4...10
525...815	А50	525...815	А70	7,9...0
		741...815	А95	10...6,8
		525...815	АС50	2,5...2
		525...815	А35	0...7,8
		525...815	АС35	2,3...7,7
		525...682	А25	4...10
		525...576	АС25	7...10

Задача 14.

Проверить воздушную линию напряжением $U_n=400$ В со среднегеометрическим расстоянием между проводами $D_{ср}=0,4$ м на возможность пуска короткозамкнутого асинхронного двигателя. Линия присоединена к трансформатору типа ТМ напряжением 10/0,4кВ.

Таблица вариантов задачи 14.

Вариант задачи	Номинальная мощность трансформатора S_n , кВА	Длина линии 0,4 кВ, м	Марка провода ВЛ 0,4 кВ	Тип электродвигателя	Кратность пускового момента электродвигателя при номинальном напряжении, $m_H=M_H/M_n$	Напряжение в точке присоединения двигателя до его пуска в относительных единицах, $U^*=U_{ш}/U_n$	Момент сопротивления механизма, подключенного к электродвигателю, в относительных единицах $M^*_{см}$
А	40	150	A35	АИР132S4У3	1,3	0,95	0,6
Б	63	100	A25	АИР132М4У3	1,4	0,92	0,5
В	100	120	A16	АИР160S8У3	1,8	0,93	0,65
Г	25	80	A25	АИР112М4У3	2,0	0,96	0,45
Д	160	170	A16	АИР180М6У3	1,8	0,94	0,7
Е	40	200	A35	АИР100L2У3	2,0	0,93	0,55
Ж	100	180	A50	АИР132М2У3	1,6	0,95	0,6
З	63	110	АС16	АИР160S4У3	1,4	0,96	0,55
И	25	90	A35	АИР180М8У3	1,4	0,97	0,45
К	63	65	A25	АИР160S6У3	2,0	0,96	0,5

Задача 15.

Определить предельную длину воздушной линии 400/230В по условию запуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Двигатель находится в помещении и присоединен к щиту ввода проводом АПРТО-500 длиной ℓ .

Таблица вариантов задачи 15.

Исходные данные	Варианты задачи									
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
С _н трансформатора, кВА	63	100	25	40	160	25	63	100	160	40
U _к , %	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Провод ВЛ 0,4 кВ	A16	A25	A35	A50	A16	A25	A35	A50	A25	A50
Длина внутренней проводки ℓ , м	20	25	12	18	15	10	14	30	26	17
Сечение провода внутренней проводки, мм ²	4	6	2,5	2,5	6	2,5	4	4	6	4
Тип двигателя	АИР132S4У3	АИР160S4У3	АИР132S4У3	АИР112M4У3	АИР180M8У3	АИР100L2У3	АИР160S6У3	АИР160S4У3	АИР180M6У3	АИР112M4У3

Задача 16.

Выбрать защиту и проверить ее при однофазном к.з. в линии 400/230В, максимальная расчетная мощность которой S_m . Номинальный ток самого мощного электродвигателя, присоединенного к линии $I_{н.дв}$, кратность пускового тока двигателя K_i .

Таблица вариантов задачи 16.

Исходные данные	Варианты задачи									
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
S_n трансформатора, кВА	25	40	63	100	160	250	63	100	25	40
Z_t при однофазном коротком замыкании, Ом	3,11	1,95	1,237	0,779	0,487	0,312	1,237	0,779	3,11	1,95
Длина ВЛ 400/230В	300	250	200	350	400	320	180	220	140	210
Фазный провод	A35	A25	A16	A35	A50	A25	A35	A25	A16	A16
Нулевой провод	A25	A16	A16	A35	A35	A25	A25	A16	A16	A16
$I_{н.дв}$, А	11	16	21,2	27	43,7	35	18	21,3	12	14
K_i	7,0	6,5	7,5	7,5	7,0	7,5	6,0	7,0	7,5	7,0
S_m , кВА	15	20	23	38	45	32	24	26	12	16

Задача 17.

Для ВЛ 400/230В выбрать защиту от коротких замыканий и перегрузок и определить предельную длину линии, на протяжении которой обеспечивается чувствительность при однофазных коротких замыканиях.

Таблица вариантов задачи 17.

Исходные данные		Варианты задачи									
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
Схема соединений обмоток трансформатора	Максимальная расчетная мощность линии, S_{pmax} , кВА	40	28	52	20	80	60	36	48	24	30
	Марка и площадь поперечного сечения провода	A35+A25	A25+A25	A35+A35	A16+A16	A50+A50	АН35+АН35	A25+A16	A50+A35	АН16+АН16	АН25+АН16
	Тип аппарата защиты	A3700	ПН2	A3700	АП50	ПН2	A3700	AE2000	AE2000	AE2000	A3700
	Тип и номинальная мощность силового трансформатора	TM160/ 10	TM160/ 10	TM160/ 10	TM40 / 10	TM250/ 10	TM160/ 10	TM100/ 10	TM100/ 10	TM 63 / 10	TM 63 / 10
	звезда/ звезда с нулем										
	звезда/ зигзаг с нулем										
	звезда/ звезда с нулем										
	звезда/ зигзаг с нулем										
	звезда/ звезда с нулем										
	звезда/ зигзаг с нулем										
	звезда/ звезда с нулем										
	звезда/ зигзаг с нулем										

Задача 18.

Выбрать трансформаторы тока типа ТПЛ-10 для питания токовых обмоток приборов в классе точности 0,5 и проверить их на электродинамическую и термическую устойчивость. Определить площадь поперечного сечения соединительных проводов с алюминиевыми жилами в электрической цепи напряжением 10 кВ. Сопротивление контактов $r_k=0,1$ Ом. Трансформаторы тока включены по схеме «неполная звезда». ($I_k = I'' = I_t = I_\infty$; $t_k = t_{пр}$).

Таблица вариантов задачи 18.

Исходные данные	варианты									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
I_n, A	200	130	110	170	80	25	70	120	90	55
Сопротивление приборов $\Sigma Z_{приб}, \text{Ом}$	0,16	0,12	0,096	0,14	0,21	0,092	0,18	0,072	0,12	0,16
Длина соединительных проводов $\ell, \text{м}$	8	12	20	10	16	9	24	5	15	14
$I_k^{(3)}, \text{кА}$	2,35	3,6	3,8	2,3	4,5	4,0	2,6	1,6	3,4	2,2
$I_y^{(3)}, \text{кА}$	6,0	7,5	8,0	4,8	9,6	8,4	5,4	2,1	5,2	3,4
Длительность к.з. $t_k, \text{с}$	2,5	1,4	2,2	1,7	3,0	1,3	1,2	0,8	1,6	1,8

Задача 19.

Для данной расчетной схемы на рис.13 определить в расчетных точках токи короткого замыкания $I_k = I'' = I_\infty$ при трехфазном и двухфазном коротких замыканиях; i_y и I_y при трехфазном коротком замыкании.

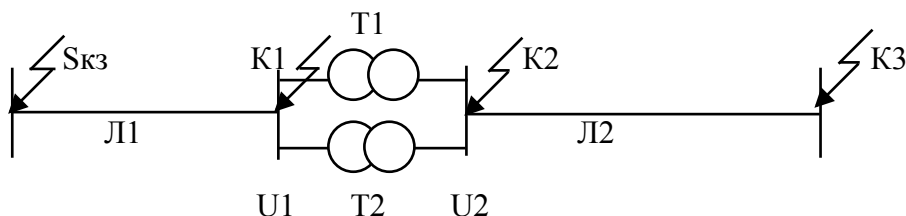


Рис.13. Расчетная схема к задаче 19.

Таблица вариантов задачи 19.

Варианты задачи	Скз, МВА	U _{н1} , кВ	Линия 1		S _{нтр} , кВА	U _к % трансформаторов	U _{н2} , кВА	Линия 2		Расчетные точки
			Длина ℓ_1 , км	Марка провода				Длина ℓ_2 , км	Марка провода	
а	750	110	45	АС70	2500	10,5	10,5	12	А50	К1иК3
б	560	35	60	АС50	2500	6,5	6,3	10	АС35	К2иК3
в	800	110	50	АС95	6300	10,5	10,5	-	-	К1иК2
г	400	35	25	АС50	1600	6,5	6,3	8	А35	К1иК3
д	250	35	20	АС35	1000	6,5	10,5	16	А70	К2иК3
е	360	110	35	АС120	6300	10,5	10,5	-	-	К1иК2
ж	600	110	20	АС70	2500	10,5	10,5	15	АС50	К1иК3
з	500	35	15	АС50	4000	7,5	10,5	13	АС70	К2иК3
и	700	110	36	АС95	2500	10,5	10,5	-	-	К1иК2
к	200	35	18	АС70	4000	7,5	10,5	8	АС25	К1иК3

Задача 20.

Определить ток замыкания на землю в системе с изолированной нейтралью при длине электрически связанных воздушных линий ℓ_v и кабельных ℓ_k линий электропередач.

Таблица вариантов задачи 20.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
U _н , кВ	10	35	10	20	10	10	35	20	10	35
ℓ_v , км	100	160	80	120	140	60	110	150	50	130
ℓ_k , км	12	120	16	25	22	20	45	95	40	70

Задача 21.

Произвести выбор масляного выключателя и разъединителя и проверить их на электродинамическую и термическую устойчивость для отходящей линии напряжением U_н. Линия питается от мощной энергосистемы ($I_k = I'' = I_t = I$)

Таблица вариантов задачи 21.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
U _н , кВ	10	10	6	35	10	10	6	35	10	10

И _{раб.макс} , А	110	120	85	100	65	100	50	60	90	70
И _{к⁽³⁾} , кА	3,5	3,8	4,2	7,5	2,8	5,2	2,2	8,0	3,4	2,7
Ударный коэффициент К _у	1,5	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,8	1,5
Длительность короткого замыкания t _к , с	1,4	2,1	1,8	2,6	1,6	1,5	0,8	2,2	1,7	1,6

Задача 22.

Определите ток срабатывания реле РТВ, выберите ток уставки реле и проверьте чувствительность защиты линии, если максимальный рабочий ток И_{раб.макс}, ток двухфазного короткого замыкания в конце защищаемой линии И_{к⁽²⁾}.

Таблица вариантов задачи 22.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
	Схема с двумя реле и двумя трансформаторами тока					Схема с одним реле и двумя трансформаторами тока				
И _{раб.макс} , А	40	80	70	90	50	65	45	95	35	70
И _{к⁽²⁾} , А	135	150	300	220	180	260	120	350	140	190

Задача 23.

Определите ток срабатывания реле РТМ токовой отсечки, выберите ток уставки реле и проверьте чувствительность защиты линии, питающейся от мощной энергосистемы, если ток трехфазного короткого замыкания в начале защищаемой линии И_{кн⁽³⁾}, А; в конце защищаемой линии И_{кк⁽³⁾}, А. Коэффициент трансформации трансформаторов тока К_{тт}.

Таблица вариантов задачи 23.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
	Схема с двумя реле и двумя					Схема с одним реле и двумя				

	трансформаторами тока					трансформаторами тока				
$I_{KH}^{(3)}, A$	850	2000	1400	2500	900	1200	1500	800	2200	1800
$I_{KK}^{(3)}, A$	200	450	600	550	400	250	350	300	700	400
K_{TT}	8	15	10	20	30	6	15	10	20	15

Задача 24.

Рассчитать защиту ЗТ-0,4УЗ для отходящей линии 0,4кВ.

Таблица вариантов задачи 24.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
Максимальный рабочий ток линии, $I_{раб.мах}, A$	70	90	85	55	110	95	65	102	82	76
Сумма номинальных токов, подключенных к линии АДКЗ, $\Sigma I_n дв, A$	23	34	42	21	56	32	18	36	28	26
Максимальный ток рабочей несимметрии в линии при нормальном режиме, $I_{нс мах}, A$	20	32	24	16	28	30	22	25	23	18
Ток трехфазного к.з. в точке установки аппарата защиты ближайшего потребителя, $I^{(3)}_{к.потр}, A$	37 0	45 0	51 0	36 0	48 0	34 0	42 0	45 0	32 0	41 0
Ток двухфазного к.з. в конце линии, $I^{(2)}_{к min}, A$	18 0	25 0	31 0	21 0	30 0	16 0	19 0	28 0	21 0	29 0
Ток однофазного к.з. в конце линии, $I^{(1)}_{к min}, A$	11 0	14 0	17 0	12 0	13 0	10 0	98 5	16 5	15 0	16 0

Задача 25.

Определить высоту одиночного стержневого молниеотвода для грозозащиты объектов X1 и X2 (рис.14)

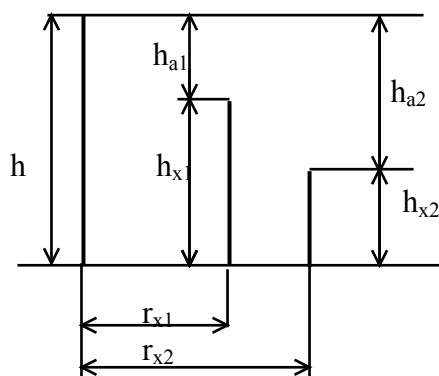


Рис. 14.

Таблица вариантов задачи 25.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
h_{x1} , м	5,5	8	7	10	6	4	7	6,5	7,5	4,5
h_{x2} , м	4	6	4	5	4	3	5	4,5	5	4
r_{x1} , м	8	9	10	10	7	12	9	11	8	9
r_{x2} , м	15	18	17	20	13	17	16	15	12	14

Задача 26.

Подберите трубчатые разрядники по напряжению и пределам отключаемых токов для молниезащиты разъединительного пункта воздушной линии, присоединенной к мощной энергосистеме.

Таблица вариантов задачи 26.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
Ун линии, кВ	10	6	20	35	10	5	10	20	35	10
$I_{кз}^{(3)}$ на шинах низшего напряжения подстанции, кА	1,8	2,0	4,5	5,2	2,4	1,5	1,6	2,8	4,8	1,4
Расстояние от питающей подстанции до места установки разрядника ℓ , км	5	4	6	10	8	5	12	9	20	7
Марка и сечение провода	A25	A35	AC35	AC50	A50	AC25	AC35	AC50	AC70	AC25

ПРИМЕЧАНИЕ: если по пределам отключаемых токов трубчатые разрядники подобрать нельзя, указать, чем их можно заменить.

Задача 27.

Рассчитайте заземляющее устройство потребительской подстанции напряжением 10/0,4кВ.

Таблица вариантов задачи 27.

Исходные данные	Варианты задач									
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
Измеренное сопротивление грунта ρ , Ом·м	30	160	70	60	200	80	40	100	40	250
Влажность грунта при измерении	Большая влажность	Средняя влажность	Сухой грунт	Большая влажность	Сухой грунт	Средняя влажность	Большая влажность	Сухой грунт	Большая влажность	Средняя влажность
Общее сопротивление повторных заземлений нулевого провода, $R_{пз}$, Ом	8,5	7	9,5	10	12,5	7,5	8	6,2	9	20
Тип заземлителя	стержень	Уголок	Уголок	стержень	Труба	стержень	Уголок	Уголок	стержень	стержень
Длина заземлителя, ℓ , м	5	3	2,5	5	2,5	4	2,5	3	5	4
Сечение (мм ²) или диаметр (мм) заземлителя	Ø12	50x50x5	40x40x4	Ø12	Ø50	Ø10	50x50x5	60x60x4	Ø	Ø
Общая длина электрически связанных воздушных линий 10кВ, км	60	45	70	52	35	65	42	76	80	92

5. ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.

- 5.1. Категории потребителей в отношении надежности электроснабжения. Дать характеристику I и II категории надежности.
- 5.2. Дать характеристику организационно-техническим мероприятиям по повышению надежности электроснабжения.
- 5.3. Описать технологический процесс производства электрической энергии на тепловых электростанциях (ТЭЦ и КЭС).
- 5.4. Принципы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Покажите на примере своего района или области
- 5.5. Номинальные параметры электрооборудования электростанций и подстанций. Напишите шкалу номинальных напряжений в линиях электропередач. Напишите шкалу номинальных мощностей силовых трансформаторов и автотрансформаторов.
- 5.6. Конструктивное устройство воздушных линий до 1кВ и выше 1 кВ. Опоры воздушных линий.
- 5.7. Отклонения напряжения. Их влияние на работу приемников электрической энергии. Допустимые отклонения напряжения согласно Техническому кодексу установившейся практики (ТКП).
- 5.8. Общие сведения о коротких замыканиях в электроустановках. Причины и виды коротких замыканий.
- 5.9. Общие понятия о перенапряжениях в электроустановках. Атмосферные и внутренние перенапряжения. Молния и ее характеристики.
- 5.10. Защита от прямых ударов молний. Устройство стержневых и тросовых молниеотводов. Область применения.
- 5.11. Устройство, принцип действия и область применения вентильных и трубчатых разрядников, их типы.
- 5.12. Электрические контакты. Назначение, устройство, область применения. Как изготавливается металлокерамика, из каких компонентов? Где применяется?
- 5.13. Токоведущие части (шины). Конструктивное устройство, область применения, выбор шин.
- 5.14. Общие понятия об электрической дуге. Принципы гашения дуги высоким давлением, гашение дуги в масле.
- 5.15. Изоляторы. Устройство, назначение, типы. Область применения.
- 5.16. Предохранители выше 1 кВ. Устройство, конструкции, типы. Описать предохранители ПК-10; ПКТ-10; УПС-35У1.
- 5.17. Разъединители. Устройство, конструкции, назначение, типы.
- 5.18. Выключатели нагрузки. Назначение, устройство, принцип действия, типы и марки.
- 5.19. Вакуумные выключатели. Назначение, устройство, принцип гашения дуги, типы и марки.
- 5.20. Масляные выключатели с малым объемом масла; назначение, устройство, принципы действия, типы.
- 5.21. Масляные выключатели с большим объемом масла. Назначение, устройство, принцип действия, типы.
- 5.22. Устройство, принцип действия и область применения ограничителей перенапряжений, их типы.
- 5.23. Приводы к коммутационной аппаратуре. Назначение, устройство, типы.

- 5.24. Измерительные трансформаторы тока. Устройство, назначение, принцип действия. Классы точности, типы, выбор.
- 5.25. Измерительные трансформаторы напряжения. Назначение, устройство, принцип действия, классы точности, типы, выбор.
- 5.26. Нарисовать схемы включения измерительных трансформаторов тока для релейной защиты.
- 5.27. Нарисовать схему включения в сеть трансформатора напряжения типа НТМИ-10-66. Как осуществляется контроль изоляции?
- 5.28. Назначение релейных защит. Требования, предъявляемые к релейным защитам.
- 5.29. Классификация и принцип действия реле. Типы токовых реле прямого действия.
- 5.30. Нарисовать схему включения в сеть вторичного реле косвенного действия.
- 5.31. Дифференциальные защиты. Принцип действия, область применения. Нарисовать схему дифзащиты силового трансформатора.
- 5.32. Нарисовать схему максимальной токовой защиты силового трансформатора, пояснить работу схемы. Выбрать токовые реле.
- 5.33. Газовая защита силового трансформатора. Устройство газового реле Бухгольца типа В-Ф80/Q. Нарисовать схему защиты.
- 5.34. Нарисовать и объяснить работу схемы электрического повторного включения АПВ с реле РПВ-258.
- 5.35. Нарисовать и пояснить работу схемы механического (грузового) АПВ.
- 5.36. Дать конструктивное описание закрытых распределительных устройств 6-10-35 кВ. Какая аппаратура монтируется в ЗРУ?
- 5.37. Дать конструктивное описание комплектных распределительных устройств 6-10 кВ (КРУ, КРУН, КСО).
- 5.38. Нарисовать схему и описать конструктивное устройство двухтрансформаторной подстанции 35/10 кВ с отделителем и короткозамыкателем со стороны 35 кВ.
- 5.39. Нарисовать принципиальную схему и описать конструктивное устройство двухтрансформаторной подстанции 110/10 кВ с масляными выключателями со стороны 110 кВ.
- 5.40. Нарисовать принципиальную электрическую схему комплектной подстанции КТП10/250, напряжением 10/0,4 кВ и дать конструктивное описание.
- 5.41. Нарисовать принципиальную электрическую схему двухтрансформаторной подстанции 35/10 кВ с масляными выключателями. Дать конструктивное описание.
- 5.42. Нарисовать принципиальную электрическую схему КТП-10/160, напряжением 10/0,4 кВ. Дать конструктивное описание.