

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ «БЕЛЭНЕРГО»
УО «МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
КОЛЛЕДЖ»



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Методические указания по выполнению домашней контрольной работе
для учащихся заочной формы получения образования**

2-43 01 01 «Электрические станции»
(шифр и название специальности)

Разработал преподаватель

(подпись)

Н.А.Селезнева
(ФИО)

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой комиссии
специальных электротехнических дисциплин

(наименование цикловой комиссии)

Протокол № 1 от 31.08.2020 г.

Председатель цикловой комиссии

(подпись)

Н.Н.Ядловский
(ФИО)

Согласовано
Методист колледжа

(подпись)

О.В. Какорина
(ФИО)

Заведующий заочным отделением

(подпись)

А.А. Куцов
(ФИО)

Содержание

1	Пояснительная записка	3
2	Краткое содержание программы	5
3	Общие требования по оформлению домашней контрольной работы	13
4	Методические рекомендации для выполнения задач домашней контрольной работы	15
5	Задания для домашней контрольной работы	20
6	Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы	27
7	Литература	28

1 Пояснительная записка

Методические указания по изучению учебной дисциплины «Электрические сети энергетических систем» по выполнению домашней контрольной работы разработаны в соответствии с образовательным стандартом среднего специального образования для специальности 2-43 01 01 «Электрические станции».

Дисциплина «Электрические сети энергетических систем» является частью профессионального компонента цикла специальных дисциплин.

Программой учебной дисциплины «Электрические сети энергетических систем» предусматривается изучение вопросов конструктивного исполнения электрических сетей, основных методов расчета и анализа электрических сетей, физических процессов при управлении и оптимизации режимов электрических систем, эксплуатационных свойств электрических систем, элементов проектирования электрических сетей.

Программа дисциплины базируется на знании учащимися дисциплин: «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электротехнические материалы». Изложение отдельных тем дисциплины необходимо вести с учетом знаний, полученных учащимися при изучении дисциплин, «Основы электроники и микропроцессорной техники». Полученные знания могут быть использованы при изучении дисциплины «Электрооборудование электростанций и подстанций».

Программой учебной дисциплины предусматривается проведение практических занятий. После изучения теоретического курса предусматривается выполнение курсового проекта.

В результате изучения учебной дисциплины учащиеся должны приобрести соответствующие знания и умения:

на уровне представления:

- значение дисциплины и ее связь с другими изучаемыми дисциплинами;
- историю и перспективы развития Белорусской энергосистемы;
- схемы и основные элементы электропередач переменного и постоянного тока сверхвысоких напряжений.

на уровне понимания:

- классификацию электрических сетей;
- основные сведения о конструкции и эксплуатации линий электропередач;
- параметры элементов электрических сетей;
- потери мощности и электроэнергии в электрических сетях;
- нагрев проводов и кабелей;
- регулирования режимов работы электрических сетей;

на уровне применения:

- расчет потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях;
- выбор проводов и жил кабелей;
- электрический расчет разомкнутых и замкнутых электрических сетей;
- выбор коэффициентов трансформации трансформаторов.

В методических указаниях учебной дисциплины «Электрические сети энергетических систем» приведены примерные критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся по дисциплине, разработанные на основе десятибалльной шкалы и показателей оценки результатов учебной деятельности, обучающихся в учреждениях, обеспечивающих получение среднего специального образования (постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29 марта 2004 г. №17).

2 Краткое содержание программы

Учебная дисциплина «Электрические сети энергетических систем» изучается в соответствии с учебным планом и программой в количестве 94 часа.

Введение

Значение дисциплины, её связь с другими изучаемыми дисциплинами. Задачи дисциплины. Краткий исторический обзор развития электрических сетей в Республике Беларусь и за рубежом. Современное состояние проблем передачи и распределения электроэнергии. Перспективы развития белорусской энергосистемы. Значение и проблема передачи электроэнергии на дальние расстояния при переменном и постоянном токах и сверхвысоких напряжениях (СВН)

[1] с. 3- 6

Раздел 1. Общие сведения об электрических сетях

Основные определения, относящиеся к энергетической и электроэнергетической системам, электрическим сетям и их элементам в соответствии с правилами устройства электроустановок.

Номинальные напряжения электрических сетей и их элементов. Области применения номинальных напряжений.

Классификация электрических сетей по роду тока, напряжению, конструктивному исполнению, электрической схеме, по месту расположения и характеру потребителей, по выполняемым функциям.

Основные сведения о конструкции воздушных линий электропередач (ВЛ). Достоинства и недостатки ВЛ, область их применения. Конструктивные элементы ВЛ: провода и тросы, изоляторы, линейная арматура, опоры. Основные сведения о конструкции кабельных линий электропередач (КЛ), области их применения, достоинствах и недостатках. Главные элементы КЛ: кабели, соединительные и концевые муфты. Кабельные сооружения и прокладка кабелей

[1] § 1.1-1.5

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определения энергетической и электрической системы, электрической сети, линии электропередачи, электроприемника, потребителя, электроустановки, электрической станции, подстанции.
2. Приведите классификацию электрических сетей.
3. Что такое номинальное напряжение?
4. Как отличаются номинальные напряжения генераторов от номинальных напряжений сетей и их элементов, приемников и генераторов?
5. Перечислите основные требования к электрическим сетям.
6. Приведите требования к электроснабжению потребителей I, II, III категорий.
7. Какие расчеты производятся при проектировании электрических сетей?
8. Какие основные конструктивные элементы ВЛ вы знаете?
9. Какие требования предъявляются к проводам ВЛ? Провода и тросы каких марок наиболее часто используют для ВЛ электропередачи?
10. Какие опоры используют для ВЛ электропередачи?
11. Какие изоляторы используют для ВЛ электропередачи?
12. Какую арматуру и для чего используют на ВЛ электропередачи?
13. Какие факторы влияют на работу ВЛ электропередачи?
14. В чем преимущества и недостатки кабельных линий по сравнению с воздушными?
15. Опишите конструкции кабелей различных напряжений.
16. Как осуществляется прокладка кабельных линий?

Раздел 2. Параметры элементов электрических сетей

Активное и индуктивное сопротивления проводов и кабелей. Активная и емкостная проводимости ВЛ и КЛ. Зарядные токи и зарядные мощности линий. Полные и упрощенные схемы замещения линий.

Полные и упрощенные схемы замещения трансформаторов (автотрансформаторов). Активные и индуктивные сопротивления и проводимости двух и трехобмоточных трансформаторов (автотрансформаторов).

Способы представления нагрузок при расчетах режимов электрической сети. Определение характеристик графиков нагрузок

[1] § 2.1-2.3

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем различия полных и упрощенных схем замещения линий и трансформаторов? Когда применяют упрощенные схемы замещения?

2. От чего зависит величина активного и индуктивного сопротивления провода?

3. Как при расчетах определяют величины активного и индуктивного сопротивления линий?

4. От чего зависят и как определяются проводимости линий?

5. От чего зависят и как определяются значения активных и реактивных сопротивлений и проводимостей трансформаторов?

Раздел 3. Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях

Основные сведения о характере потерь мощности в различных элементах электрических сетей. Определение потерь мощности в элементах электрических сетей.

Определение потерь электроэнергии в линиях электропередач и трансформаторах (автотрансформаторах). Пути снижения потерь электроэнергии.

Понятие о себестоимости передачи электроэнергии. Капитальные затраты на сооружение электрической сети и ежегодные эксплуатационные расходы. Понятие об экономическом сечении проводов и жил кабелей. Выбор сечений проводов и жил кабелей по экономической плотности тока. Понятие о выборе сечений проводов методом экономических интервалов.

[1] § 3.1-3.4

Вопросы для самоконтроля:

1. Как определяют величину потерь мощности в линиях и трансформаторах?
2. Каким образом можно уменьшить потери мощности в линиях?
3. Какие вы знаете способы определения потерь энергии в линиях и трансформаторах?
4. Что такое время использования наибольших нагрузок и время наибольших потерь?
5. Как определяется время наибольших потерь? От чего оно зависит?
6. Могут ли быть одинаковыми по величине время использования наибольших нагрузок и время наибольших потерь?
7. Как определяют потери мощности и энергии в трехобмоточных трансформаторах?
8. Из каких составляющих состоит себестоимость передачи электроэнергии?
9. Что такое экономическое сечение линии? Как выбирают провода по экономической плотности тока?

Раздел 4. Нагрев проводов и кабелей

Процесс нагревания проводов и кабелей. Предельно допустимые температуры нагрева и длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей различных марок. Защита проводов и кабелей от перегрева. Выбор и проверка сечений проводов и жил кабелей по нагреву.

[1] § 4.1-4.3

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое предельно допустимые температуры нагрева проводников?
2. Чем обусловлена величина длительно допустимого тока в проводнике?
3. Для каких линий электропередач проверяют сечения проводников по условиям нагрева? В чем это заключается?
4. Как выбирают сечения проводников по условиям нагрева?

5. Что такое номинальный ток плавкой вставки?
6. Какая зависимость должна быть между током плавкой вставки и пусковым током двигателя?
7. Какая зависимость должна быть между током плавкой вставки и длительно допустимым током проводников?
8. Что такое ток срабатывания автомата и как он определяется?

Раздел 5. Электрический расчет разомкнутых электрических сетей

Особенности и задачи расчета питающих (районных) электрических сетей. Векторная диаграмма линии электропередачи. Зависимости между напряжениями и мощностями начала и конца звена электрической сети. Расчет режима линии электропередачи. Учет трансформаторов при расчете режима электрической сети. Расчет режима разветвленной разомкнутой сети одного номинального напряжения. Расчет режима разомкнутой сети нескольких номинальных напряжений.

Электрический расчет распределительных (местных) электрических сетей. Допустимые отклонения и потери напряжения в распределительных (местных) электрических сетях. Выбор и проверка сечений проводов и жил кабелей по допустимой потере напряжения.

[1] § 5.1-5.11

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы особенности и задачи расчета питающих (районных) электрических сетей?
2. Дайте определения понятиям “падение напряжения”, “потеря напряжения”, “продольная составляющая падения напряжения”, “поперечная составляющая падения напряжения”. По каким формулам они рассчитываются для 3-х фазной электрической сети?
3. Дайте определение понятию “звено электрической сети”.
4. Как отличаются напряжения и мощности начала и конца звена электрической сети?

5. В какой последовательности производится расчет линии электропередачи по данным начала и конца?
6. Что такое приведенная и расчетная нагрузки подстанции?
7. В какой последовательности производится расчет электропередачи, состоящей из линии и понижающего трансформатора?
8. Как производится расчет разомкнутой сети с несколькими подстанциями?
9. Какова особенность расчета распределительных (местных) электрических сетей?
10. Как проверяют сечения проводов и жил кабелей по допустимой потере напряжения?
11. В какой последовательности производится выбор сечений проводов и жил кабелей по допустимой потере напряжения?

Раздел 6. Электрический расчет замкнутых электрических сетей

Простые замкнутые сети. Сложные замкнутые сети. Преимущества замкнутых сетей. Особенности расчета замкнутых сетей.

Определение потокораспределения в линиях с двухсторонним питанием.

Методы расчета режима замкнутых сетей одного номинального напряжения. Основы практических расчетов режимов сложных замкнутых сетей на ПЭВМ.

[1] § 6.1-6.5

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется замкнутой сетью?
2. Что называется простой и сложной замкнутой сетью?
3. Каковы преимущества и недостатки замкнутых сетей по сравнению с разомкнутыми?
4. Что такое точка потокораздела? Могут ли не совпадать точки раздела активных и реактивных мощностей?
5. Что такое уравнительная мощность? Когда она возникает? От чего зависит ее величина?

6. В какой последовательности производится расчет потокораспределения в линиях с двухсторонним питанием?

7. Опишите известные вам методы расчета режима сложных замкнутых сетей одного номинального напряжения.

Раздел 7. Регулирование режимов работы электрических сетей

Понятие о режимах работы электрических сетей и об основных требованиях, предъявляемых к режимам электрических сетей. Показатели качества электрической энергии. Баланс активной мощности и его связь с частотой. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением. Способы регулирования напряжения. Выбор коэффициентов трансформации трансформаторов.

[1] § 7.1-7.7

Вопросы для самоконтроля:

1. Что относится к основным показателям качества электрической энергии?

2. К чему может привести нарушение баланса активной мощности в электрической системе?

3. К чему может привести нарушение баланса реактивной мощности в электрической системе?

4. Что такое встречное регулирование напряжения?

5. Какими способами осуществляют регулирование напряжения?

6. Опишите, как можно регулировать напряжение трансформаторами?

7. Как выбирается коэффициент трансформации двухобмоточных трансформаторов с РПН и ПБВ?

8. Какова последовательность выбора ответвлений обмоток трехобмоточного трансформатора?

Раздел 8. Электропередачи большой пропускной способности

Понятие о пропускной способности электропередач. Режим передачи натуральной мощности.

[1] § 8.1-8.3

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение понятию “пропускная способность электропередачи”.
2. Дайте определение понятию “режим передачи натуральной мощности”.
3. Какие вы знаете пути повышения пропускной способности электропередачи?

3 Общие требования по оформлению домашней контрольной работы

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Требования к оформлению текстовых документов» оформление домашней контрольной работы должно осуществляться по следующим правилам: все части пояснительной записки следует излагать только на одном из государственных языков – белорусском или русском.

На лицевой части работы помещается наклейка установленного образца. В наклейке обязательно заполняются все графы, фамилия имя отчество пишется полностью.

Вопросы и задачи контрольной работы переписываются по порядку, без сокращений. На каждый переписанный вопрос сразу же дается ответ. После каждого ответа на вопрос выделяется свободное пространство, а в конце работы 1,2 страницы для рецензии.

При оформлении задач:

1. Изображается принципиальная схема
2. Изображается расчетная схема, на которую наносятся буквенные обозначения всех элементов, а также направления и буквенные обозначения мощностей на всех участках
3. После этого следует расчет. При проведении расчетов сначала нужно привести расчетную формулу и пояснить все входящие в нее величины. Далее следует подставить в формулу числовые значения и записать окончательный результат с указанием единицы измерения. Все промежуточные вычисления должны быть опущены.

Домашняя контрольная работа может быть выполнена рукописно в отдельной тетради «в клеточку» с пронумерованными страницами и отведенными полями шириной 30 мм. Возможно выполнение работы на компьютере и отпечатанный текст на белой бумаге формата А4 с одной стороны листа. Оформление работы должно быть единообразным, с соблюдением следующих типографических требований:

- поля: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм;
- шрифт текста размером 14 пт., гарнитурой TimesNewRoman;
- шрифт заголовков (все прописные), подзаголовков 16 пт., гарнитурой TimesNewRoman;
- межстрочный интервал – полуторный;
- отступ красной строки – 1,25;
- номера разделов, подразделов, пунктов и подпунктов следует выделять полужирным шрифтом;
- разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определённых терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры;
- выравнивание текста – по ширине, перенос слов не допускается.

При делении вопроса на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Вопросы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки. Наименование вопросов следует располагать по центру строки без точки в конце, прописными буквами жирным начертанием, отделяя от текста одной пустой строкой.

После получения прорецензированной работы учащийся должен исправить в ней все ошибки и недочеты. И повторно сдать домашнюю контрольную работу на заочное отделение.

4. Методические рекомендации для выполнения задач домашней контрольной работы

Задача № 1

Составляется схема замещения электропередачи, т.е. линий и трансформаторов – см. рис.2.2, 2.3 [1].

Активное сопротивление линии определяется по формуле:

$$R_{л} = r_0 L, \quad (1)$$

где r_0 – удельное сопротивление, Ом/км

L – длина линии, км.

Удельное сопротивление r_0 определяется по таблицам в зависимости от поперечного сечения.

Реактивное сопротивление определяется следующим образом:

$$X_{л} = x_0 L, \quad (2)$$

где x_0 – удельное реактивное сопротивление, Ом/км.

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{cp}}{r_{np}} + 0,0157, \quad \text{Ом/км}, \quad (3)$$

где r_{np} – радиус провода, см;

D_{cp} – среднегеометрическое расстояние между фазами, см, определяемое следующим выражением:

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{CA}}, \quad (4)$$

где D_{ab} , D_{bc} , D_{ca} – расстояния между проводами соответственно фаз a, b, c

Рассчитанное таким образом удельное реактивное сопротивление для сталеалюминиевых проводов x_0 проверяется по справочным таблицам в зависимости от сечения и числа проводов в фазе.

Емкостная проводимость линии $B_{л}$ обусловлена емкостями между проводами разных фаз и емкостью провод - земля и определяется следующим образом:

$$B_{л} = b_o L, \quad (5)$$

где b_o - удельная емкостная проводимость, См/км, которая может быть определена по справочным таблицам или по следующей формуле:

$$b_o = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{CP}}{r_{ПП}}} 10^{-6} \quad (6)$$

Половина емкостной (зарядной) мощности линии, Мвар, равна:

$$\frac{1}{2} Q_b = 3I_b U_{\phi} = 3U_{\phi}^2 \frac{1}{2} b_o L = \frac{1}{2} U^2 B_{л}, \quad (7)$$

где U_{ϕ} и U – фазное и междуфазное напряжение, кВ;
 I_b – емкостный ток на землю

Для 2-х обмоточного трансформатора:

Потери реактивной мощности холостого хода:

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \% S_{НОМ}}{100\%} \quad (8)$$

Активная проводимость трансформатора:

$$G_T = \frac{\Delta P_x}{U_{НОМ}^2} \quad (9)$$

Реактивная проводимость трансформатора:

$$B_T = \frac{\Delta Q_x}{U_{НОМ}^2} \quad (10)$$

Сопротивления трансформатора R_T и X_T :

$$R_T = \frac{\Delta P_k U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} \quad (11)$$

$$X_T = \frac{U_k \% U_{НОМ}^2}{S_{НОМ} 100} \quad (12)$$

Для 3-х обмоточного трансформатора:

Потери холостого хода ΔP_X и ΔQ_X определяются так же, как и для двухобмоточного трансформатора.

Сопровитвления обмоток:

$$R_{T.B} = \frac{\Delta P_{K.B} U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}, \quad (13)$$

$$R_{T.C} = \frac{\Delta P_{K.C} U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}, \quad (14)$$

$$R_{T.H} = \frac{\Delta P_{K.H} U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}. \quad (15)$$

$\Delta P_{K.B}$, $\Delta P_{K.C}$, $\Delta P_{K.H}$, соответствующие лучам схемы замещения, определяются по каталожным значениям потерь КЗ для пар обмоток:

$$\Delta P_{KB} = 0,5(\Delta P_{KBH} + \Delta P_{KBC} - \Delta P_{KCH}); \quad (16)$$

$$\Delta P_{KC} = 0,5(\Delta P_{KBC} + \Delta P_{KCH} - \Delta P_{KBH}); \quad (17)$$

$$\Delta P_{KH} = 0,5(\Delta P_{KBH} + \Delta P_{KCH} - \Delta P_{KBC}). \quad (18)$$

Аналогично этому по каталожным значениям напряжений КЗ для пар обмоток $U_{KBH}\%$, $U_{KBC}\%$, $U_{KCH}\%$ определяются напряжения КЗ для лучей схемы замещения:

$$U_{KB}\% = 0,5(U_{KBH} + U_{KBC} - U_{KCH}); \quad (19)$$

$$U_{KC}\% = 0,5(U_{KBC} + U_{KCH} - U_{KBH}); \quad (20)$$

$$U_{KH}\% = 0,5(U_{KBH} + U_{KCH} - U_{KBC}). \quad (21)$$

По найденным значениям $U_{KB}\%$, $U_{KC}\%$, $U_{KH}\%$ определяются реактивные сопротивления обмоток X_{TB} , X_{TC} , X_{TH} по выражениям (12) аналогичным для двухобмоточного трансформатора. Реактивное сопротивление одного из лучей схемы замещения трехобмоточного трансформатора (обычно среднего напряжения) близко к нулю.

Если на подстанции с суммарной нагрузкой \underline{S} работают параллельно k одинаковых трансформаторов, то их эквивалентные сопротивления в k раз меньше, а проводимости в k раз больше.

Числовые примеры решения задачи [1] с.37-39 и с.45-46.

Задача № 2

Расчет режима питающей сети ведем для случая, когда известно напряжение источника питания и мощности узлов нагрузки. Решение задачи состоит в определении потоков мощности во всех элементах электропередачи, мощности источника питания и напряжений в узлах сети.

На первом этапе принимаем напряжения в узлах равными номинальному и определяем потоки и потери мощности на всех участках. При этом расчет ведем от последнего от источника участка.

Для расчета потерь мощности для различных элементов электропередачи пользуемся приведенными ниже выражениями. Потери активной мощности в ЛЭП делятся на потери холостого хода ΔP_X (потери на корону, которые учитываются с 330кВ) и нагрузочные потери ΔP_H :

$$\Delta P_{Л} = \Delta P_X + \Delta P_H = \Delta P_{ко} L + \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_{Л}. \quad (22)$$

Потери реактивной мощности:

$$\Delta Q_{Л} = \Delta Q_H = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_{Л}. \quad (23)$$

Для двухобмоточного трансформатора, через который проходят ток нагрузки \underline{I} и мощность \underline{S} , нагрузочные потери активной мощности:

$$\Delta P_H = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_T = 3I^2 R_T. \quad (24)$$

Нагрузочные потери реактивной мощности:

$$\Delta Q_H = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_T = 3I^2 X_T. \quad (25)$$

Потери мощности в трехобмоточных трансформаторах и автотрансформаторах определяются по формулам:

$$\Delta P_T = \left(\Delta P_{KB} \left(\frac{S_1}{S_{НОМ}} \right)^2 \right) + \left(\Delta P_{KC} \left(\frac{S_2}{S_{НОМ}} \right)^2 \right) + \left(\Delta P_{KH} \left(\frac{S_3}{S_{НОМ}} \right)^2 \right) + \Delta P_{XX}, \quad (26)$$

$$\Delta Q_T = \left(\frac{u_{KB} \% S_1^2}{100 S_{НОМ}} \right) + \left(\frac{u_{KC} \% S_2^2}{100 S_{НОМ}} \right) + \left(\frac{u_{KH} \% S_3^2}{100 S_{НОМ}} \right) + \Delta Q_{XX}. \quad (27)$$

здесь S_1 S_2 S_3 – модуль мощности, протекающей соответственно по обмоткам высшего, среднего, низшего напряжения.

На втором этапе рассчитываем напряжения в узлах сети. Начинаем с наиболее близкого к источнику питания узла. Расчет ведем по падению напряжения. При оценке составляющих падения напряжения в формулы подставляем мощности и напряжения начала звена. Используем следующие формулы:

$$\underline{U}_2 = U_1 - \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_1} - j \frac{P_1 X - Q_1 R}{U_1} \quad (28)$$

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U_1)^2 + \delta U_1^2}. \quad (29)$$

При напряжении 110кВ можно не учитывать поперечную составляющую падения напряжения. При больших мощностях трансформаторов активные сопротивления и проводимости обмоток малы по сравнению с реактивными. В таком случае ими тоже можно пренебречь.

Задача № 3

При расчете потерь энергии методом времени наибольших потерь:

$$\Delta W_{л} = \frac{P_{нб}^2 + Q_{нб}^2}{U^2} R \tau = \frac{S_{нб}^2}{U^2} R \tau, \quad (30)$$

$$\Delta W_{тр} = \Delta P_k \left(\frac{S_{нб}}{S_{ном}} \right)^2 \tau + \Delta P_x T = \frac{P_{нб}^2 + Q_{нб}^2}{U^2} R \tau + \Delta P_x T \quad (31)$$

$$\tau = (0,124 + T_{нб} 10^{-4})^2 8760, \text{ час.} \quad (32)$$

T – время работы трансформатора

Потери энергии в электропередаче складываются из потерь в линиях и трансформаторах.

5 Задания для домашних контрольных работ

К выполнению заданий следует приступать после изучения соответствующих разделов учебной дисциплины. Каждое контрольное задание состоит из вопросов и задач.

Номер выполняемого варианта выбирается для каждого учащегося в зависимости от двух последних цифр присвоенного ему шифра. Если две последние цифры номера шифра более 25, необходимо из номера шифра вычесть 25. Работы, не соответствующие своему шифру, не рассматриваются.

В контрольной работе необходимо ответить на два вопроса и решить три задачи.

Отвечать на вопросы следует кратко, ясно, с использованием необходимых формул и схем. При решении задач необходимо объяснять все принимаемые коэффициенты, величины со ссылкой на справочную литературу. Задачи решать последовательно и полностью. Формулы, по которым ведутся вычисления, следует сначала записывать в общем виде. При необходимости представьте необходимые иллюстрации (рисунки, схемы) для наглядного представления. Схемы и рисунки следует выполнять карандашом (если пояснительная записка выполняется рукописным способом) или на компьютере с помощью графических редакторов.

Контрольные вопросы

В-1

1. Классификация электрических сетей.
2. Выбор проводов и жил кабелей по условиям нагрева.

В-2

1. Номинальные напряжения электрических сетей и их элементов.
2. Проверка проводов и жил кабелей по условиям нагрева.

В-3

1. Особенности и задачи расчета распределительных (местных) электрических сетей.

2. Пути повышения пропускной способности.

В-4

1. Требования, предъявляемые к сетям в отношении надежности электроснабжения потребителей.

2. Расчет разомкнутых неразветвленных распределительных (местных) электрических сетей.

В-5

1. Основные элементы ВЛ. Провода и тросы.

2. Расчет разомкнутых разветвленных распределительных (местных) электрических сетей.

В-6

1. Основные элементы ВЛ. Опоры.

2. Основные сведения о замкнутых электрических сетях. Преимущества и недостатки таких сетей, особенности расчетов.

В-7

1. Основные элементы ВЛ. Изоляторы и линейная арматура.

2. Назовите возможности различных трансформаторов, как средств регулирования напряжения.

В-8

1. Кабельные линии. Достоинства и недостатки КЛ по сравнению с ВЛ.

2. Векторная диаграмма линии электропередач.

В-9

1. Кабельные линии. Токопроводящие жилы и изоляция кабелей.

2. Расчет линий с двусторонним питанием в общем случае и в наиболее характерных частных случаях.

В-10

1. Кабельные линии. Соединение и оконцевание кабелей.

2. Зависимость между напряжениями и мощностями начала и конца звена электрических сетей. Известны мощность и напряжение в конце звена.

В-11

1. Кабельные линии. Прокладка кабелей.

2. Зависимость между напряжениями и мощностями начала и конца звена электрической сети. Известны мощность и напряжение в начале звена.

В-12

1. Явления вибрации и пляски проводов. Причины возникновения, меры профилактики.

2. Зависимость между напряжениями и мощностями начала и конца звена электрических сетей. Известны мощность в конце звена и напряжение в начале звена.

В-13

1. Схемы замещения и параметры линий.

2. Зависимость между напряжениями и мощностями начала и конца звена электрических сетей. Известны мощность в начале звена и напряжение в конце звена.

В-14

1. Схемы замещения и параметры трансформаторов. Двухобмоточный трансформатор.

2. Расчет режима питающей (районной) линии электропередачи.

В-15

1. Схемы замещения и параметры трансформаторов. Трёхобмоточный трансформатор.

2. Расчет сложных замкнутых сетей методом контурных уравнений.

В-16

1. Характеристики узлов нагрузок электрических сетей.

2. Учет трансформаторов при расчете режимов электрических сетей.

В-17

1. Потери мощности в линиях.

2. Показатели качества электроэнергии. Отклонение частоты.

В-18

1. Потери мощности в двухобмоточных трансформаторах.

2. Баланс активной мощности и его связь с частотой.

В-19

1. Потери мощности в трехобмоточных трансформаторах.

2. Показатели качества электроэнергии. Отклонение напряжения.

В-20

1. Методы определения потерь электроэнергии.

2. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением.

В-21

1. Расчет потерь электроэнергии методом графического интегрирования.

2. Средства генерации и регулирования реактивной мощности.

В-22

1. Расчет потерь электроэнергии по времени наибольших потерь.

2. Регулирование напряжения трансформаторами и автотрансформаторами.

В-23

1. Выбор проводов и жил кабелей по экономическим соображениям.

2. Выбор коэффициентов трансформации трансформаторов с РПН.

В-24

1. Влияние различных факторов на процесс нагревания проводов и кабелей.

2. Выбор коэффициентов трансформации трансформаторов с ПБВ.

В-25

1. Защита проводов и жил кабелей от перегрева.

2. Выбор коэффициентов трансформации трехобмоточных трансформаторов.

Задача № 1

Определить параметры схемы замещения электропередачи (рис.1) по данным таблицы № 1. Определить зарядную мощность линии электропередачи.

Задача № 2

Для полученной в задаче № 1 схемы замещения электропередачи выполнить электрический расчет ее режима работы. Определить коэффициент полезного действия электропередачи.

Задача № 3

Определить потери энергии в схеме (рис.1) по номинальному напряжению методом наибольших потерь.

Таблица 1

N варианта	Uном, кВ	U1, кВ	Cos φ	Длина линий, км и сечение провода АС, мм ²		Нагрузка МВт		Тип трансформатора	Тнб ч
				ℓ ₁	ℓ ₂	P ₁	P ₂		
1	110	121	0,89	30, 95/16		20	5,3	ТМН-6300	4800
2	110	115	0,9	35, 95/16		16	2,2	ТМН-2500	5100
3	110	116	0,9	30, 120/19		12	8,5	ТДН-10000	4500
4	220	231	0,86	100, 300/39		30	85	ТРДЦН-100000	4700
5	220	238	0,91	100, 300/39		35	75	ТРДЦН-100000	3800
6	110	120	0,87	40, 95/16	30, 70/11	20	10	ТРДН-16000	4100
7	220	231	0,88	50, 240/32	50, 240/32	50	30	ТРДН-40000	4600
8	110	117	0,9	30, 150/24	30, 120/19	40	10	ТРДН-40000	4800
9	220	238	0,86	75, 240/32	100, 240/32	65	55	ТРДЦН-63000	5000
10	110	121	0,84	25, 150/24	30, 95/16	30	25	ТРДН-25000	4700
11	110	119	0,9	35, 150/24		45		ТРДН-40000	4700
12	220	242	0,89	80, 240/32		50		ТРДН-40000	4600
13	220	238	0,87	90, 240/32		45		ТРДН-40000	5100
14	110	118	0,91	35, 70/11		14		ТДН-10000	3800
15	220	238	0,88	75, 240/32		75		ТРДЦН-	5100

								63000	
16	110	120	0,91	30, 70/11		12		ТДН-16000	4500
17	220	238	0,87	90, 240/32		55		ТРДЦН-63000	4800
18	220	240	0,9	80, 240/32		32		ТРДН-40000	4600
19	110	119	0,87	50, 150/24		50		ТРДН-63000	4500
20	110	120	0,9	40, 120/19		35		ТРДН-40000	4200
21	220	238	0,86	100, 240/32		50	20	ТРДН-40000	3800
22	220	242	0,87	90, 240/32		52	50	ТРДН-40000	4100
23	110	119	0,88	30, 95/16		12	18	ТДН-10000	4200
24	110	121	0,87	35, 120/19		20	20	ТДН-16000	4600
25	110	118	0,9	30, 150/24		45	10	ТРДН-40000	5100

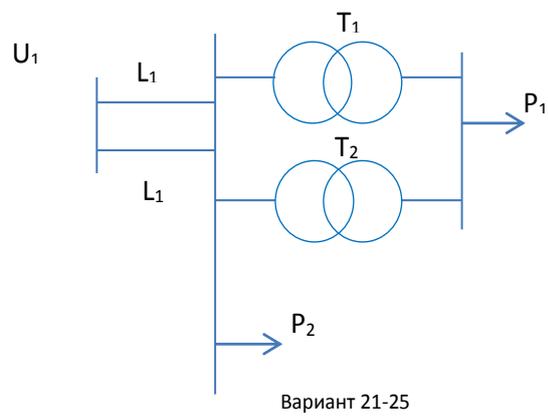
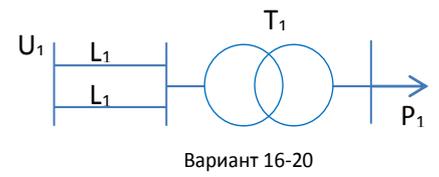
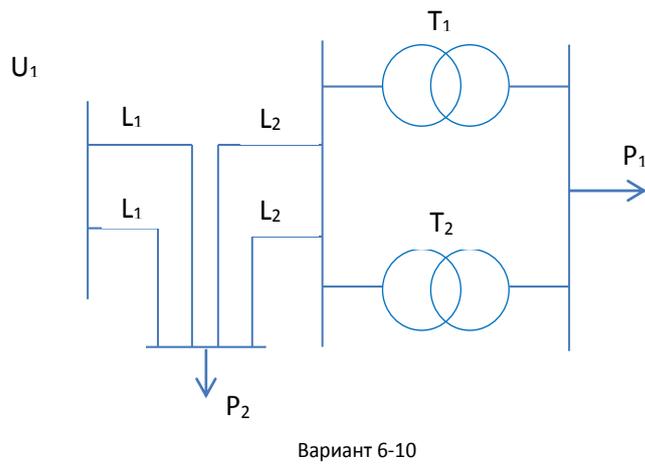
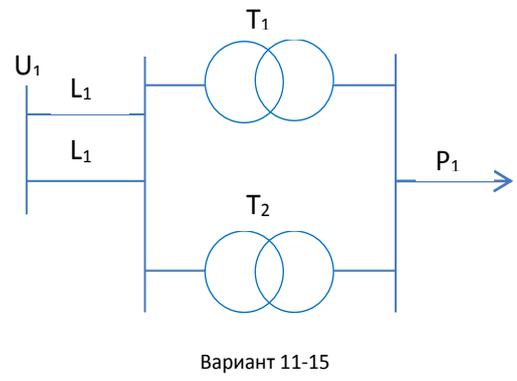
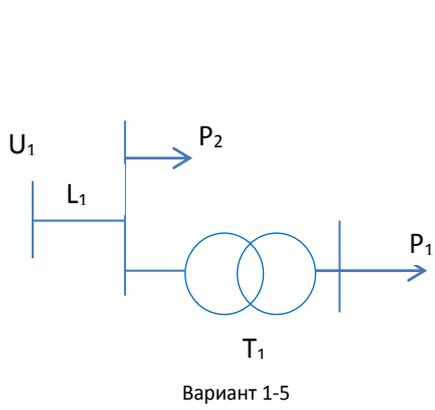


Рис.1 Схема электропередачи

6 Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы

По результатам выполненной домашней контрольной работы выставляется отметка «зачтено». Отметка «не зачтено» выставляется, если в контрольной работе не раскрыты теоретические вопросы, задания, или ответы на них полностью переписаны из учебной литературы, без адаптации к конкретному заданию, если имеются грубые ошибки в решении задач, выполнении графического задания.

Результат выполнения домашней контрольной работы	Оценка результатов учебной деятельности
Работа выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию и т.д. Допущены существенные ошибки, такие как не раскрыты теоретические вопросы (основные понятия, формулировки, отсутствует описание или объяснение схемы электрической сети и т. д.), если имеются грубые ошибки в решении задач (неверно или неполно произведен расчет. Имеются ошибки в расчетных зависимостях. Неверно указано значение из справочной литературы).	Не зачтено
Работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию и т.д. Допущены несущественные ошибки, не искажающие сути вопроса, такие как нарушена логическая последовательность изложения ответа и (или) если ответы даны на все вопросы задания и в каждом ответе изложено не менее 75% материала от необходимого по данному вопросу.	Зачтено

7 Литература

Основная:

1. Лычев П.В., Федин В.Т. Электрические сети энергетических систем. Издательство: Універсітэцкае, 1999. – 255с.
2. Лычев П.В., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Решение практических задач. Издательство: Дизайн ПРО, 1997. – 192с.
3. Фусанов М.И. Расчеты технологического расчета (потерь) электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях энергосистем: Мн. БНТУ 2018. – 110с.

Дополнительная:

4. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование. Мн: Высшая школа, 1988. – 308с.