

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

Составитель

О. В. Попова

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

**Методические указания к практическим занятиям
для студентов всех форм обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления
13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С. А. Захаров – доцент, заведующий кафедрой электроснабжения горных и промышленных предприятий

И. Ю. Семькина – председатель учебно-методической комиссии направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»

Попова Ольга Владимировна. Электроэнергетические сети и системы: методические указания к практическим занятиям [Электронный ресурс] для студентов направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / сост.: О. В. Попова. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 32 Мб ; WindowsXP ; мышь; – Загл. с экрана.

Составлено в соответствии с программой дисциплины «Электроэнергетические сети и системы» и предназначено для проведения практических занятий.

© КузГТУ, 2015

© Попова О. В.

составление, 2015

1. Цели проведения практических занятий

Целью проведения практических занятий по дисциплине «Электроэнергетические сети и системы» является получение необходимых знаний в области проектирования электроэнергетических систем и сетей и расчета их режимов и овладение методами проектирования и их алгоритмами, основами расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей, ознакомление с методами энергосбережения в электроэнергетических системах и методами регулирования частоты и напряжения.

2. Содержание практических занятий

При преподавании предмета «Электроэнергетические сети и системы» соблюдается следующая система подачи материала.

1. На лекционном занятии дается теоретический материал.

2. На практическом занятии решаются примеры задач по материалу, пройденному на лекционном занятии. Решаемые задачи соответствуют определенным разделам курсового проекта.

На доске рассматривается пример расчета соответствующего данной теме текущего раздела курсового проекта.

3. Студентам в качестве домашнего задания дается задание просчитать данный раздел в своем курсовом проекте в соответствии со своими данными. Данные для расчета у всех индивидуальные, повторов нет.

4. На следующем практическом занятии осуществляется текущий контроль над выполнением разделов курсового проекта студентами в соответствии со своими индивидуальными данными согласно заданию. Данные по контролю выставляются в электронный журнал в виде контрольных точек.

3. Структура практических занятий

Таблица

Неделя семестра	№ раз-дела	Наименование практических занятий	Объем в часах			
			ОФ	ЭП ₆₈	ЭП _{6т}	ЭП _{6в}
		5 семестр	17	6	6	8
1	2	Тема 1. Выбор вариантов схемы соединений сети. Выбор номинального напряжения сети.	2	1	1	1
3	2	Тема 2. Выбор сечения проводов и жил кабелей. Технические ограничения при выборе сечений проводников схемы электрической сети. Проверка сечений проводов по техническим ограничениям (нагрев проводников и кабелей, проверка проводников и кабелей по потерям мощности на «корону»). Выбор трансформаторов и автотрансформаторов.	5	1,5	1,5	1
5	2	Тема 3. Определение сопротивлений и проводимостей ВЛЭП.	4	1,0	1,0	1
7	2	Тема 4. Определение сопротивлений и проводимостей трансформаторов и автотрансформаторов.	2	0,5	0,5	1
9	3	Тема 5. Расчет падения напряжения в сети.	2	1	1	1
11	3	Тема 6. Расчет потерь мощности и энергии в линиях электропередач и трансформаторах.	2	1	1	1
		6 семестр	17	6	6	6
1	4	Тема 7. Составление балансов активной и реактивной мощности в сети. Выбор компенсирующего устройства.	2	1	1	1
3	4	Тема 8. Техничко-экономические основы проектирования электрических сетей. Составление полных схем электрических соединений. Основные технико-экономические показатели и критерии выбора оптимального варианта. Определение затрат на возмещение потерь мощности и энергии.	4	1,0	1,0	1,5
5	5	Тема 9. Расчет потокораспределения в	2	1	1	1

		разомкнутых питающих сетях 110-220 кВ без учета потерь мощности и с учетом потерь мощности.				
7	6	Тема 10. Распределение потоков мощностей в простых замкнутых сетях без учета потерь мощности.	2	0,5	0,5	0,5
9	6	Тема 11. Распределение потоков мощностей в простых замкнутых сетях с учетом потерь мощности.	2	1	1	1
11	6	Тема 12. Определение падений напряжения на участках сети и расчет действительных напряжений на шинах подстанции. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов с РПН согласно условиям встречного регулирования.	5	1,5	1,5	1

Для закрепления пройденного на лекционном занятии материала студентам необходимо решить приведенные ниже задачи, соответствующие пройденным темам. Для текущего контроля знаний студентов в виде устного опроса разработаны контрольные вопросы.

Тема 1. Выбор вариантов схемы соединений сети. Выбор номинального напряжения сети

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение разделов 1.1 и 1.2 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Составить по 5 вариантов разомкнутой и замкнутой схем соединений сети согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, то есть выполнить раздел 1.1 курсового проекта [11]. При составлении схем руководствоваться критерием минимальности длины провода, расходуемого на данные схемы сети. Рассчитать длину провода ВЛЭП для каждой схемы сети, учитывая, что разомкнутая сеть выполняется двухцепной по условию резервирования, а замкнутая схема соединений сети выполняется одноцепной. Из 10 вариантов выбрать по 1 варианту разомкнутой и замкнутой сети с минимальной длиной провода.

2. Студенты самостоятельно выбирают номинальное напряжение для разомкнутой и замкнутой сети согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, выполняют раздел 1.2 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику энергетической и электрической систем.
2. Назначение, основные требования и классификация электрических сетей.
3. Перечислите основные элементы конструкции воздушных ЛЭП.
4. Как выбирается номинальное напряжение ЛЭП по формулам А.М. Залесского, Г.А. Илларионова, Стилла?

Тема 2. Выбор сечения проводов и жил кабелей. Технические ограничения при выборе сечений проводников схемы электрической сети. Проверка сечений проводов по техническим ограничениям (нагрев проводников и кабелей, проверка проводников и кабелей по потерям мощности на «коро-ну»). Выбор трансформаторов и автотрансформаторов

Линии электропередачи (ЛЭП) предназначены для передачи электрической энергии на расстояние по проводам. По конструктивному выполнению они разделяются на воздушные (ВЛ) и кабельные (КЛ) линии.

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение разделов 1.3, 1.4, 1.7 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. ЛЭП, выполненная проводом АС-120/19, в нормальном режиме имеет нагрузку 110 А. Во сколько раз можно увеличить ток в линии при аварийном режиме и температурах окружающей среды $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, если температура провода не должна превышать $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$?

2. Нагрузка, потребляющая ток 600 А при напряжении 10 кВ, питается с помощью кабелей, проложенных в канале. Температура окружающей среды равна $+30^{\circ}\text{C}$. Сколько кабелей марки ААБ-150 должно быть проложено в канале? Каков допустимый ток для этих кабелей?

3. Выбрать двухобмоточный трансформатор для ГПП машиностроительного завода, максимальная нагрузка которого 120 МВА. Номинальное напряжение питающей ЛЭП 110 кВ, номинальное напряжение нагрузки – 10 кВ. Доля нагрузки I и II категории – 80 %.

4. Студенты самостоятельно производят выбор сечений проводов ВЛЭП согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, выполняется раздел 1.3 курсового проекта [11].

5. Студенты самостоятельно производят проверку сечений проводов по техническим ограничениям (нагрев проводников и кабелей, проверка проводников и кабелей по потерям мощности на «корону») согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, производят расчет раздела 1.4 курсового проекта [11].

6. Студенты самостоятельно выбирают трансформаторы и автотрансформаторы на подстанциях согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, выполняется раздел 1.7 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Как выбрать сечение проводника по экономической плотности тока?

2. Какие технические ограничения необходимо учитывать при выборе сечения проводника ЛЭП?

3. Что такое потери активной мощности на «корону», как они определяются?

4. Как выбрать сечение проводника ВЛЭП на 110 кВ и на 220 кВ, чтобы потери активной мощности на «корону» отсутствовали?

5. Как определить длительно допустимый ток для кабелей?

6. Условия выбора силового трансформатора.

Тема 3. Определение сопротивлений и проводимостей ВЛЭП

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 1.5 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Определить параметры схемы замещения линии электропередачи 110 кВ, выполненной проводом АС-70/11 протяженностью 40 км. Подвеска проводов горизонтальная, расстояние между проводами 4 м. В линии осуществлена транспозиция.

2. Провода АС-150/24 линии электропередачи 220 кВ протяженностью 130 км подвешены со среднегеометрическим расстоянием 7 м один от другого. Определить погонную активную проводимость при хорошей и плохой погоде.

3. Студены, самостоятельно выбирают сечения проводов ЛЭП согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, производят расчет раздела 1.5 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Приведите схему замещения линии электропередачи с сосредоточенными параметрами.

2. Порядок упрощения схем замещения ЛЭП в зависимости от назначения расчетов.

3. Как выглядит схема замещения местной сети?

4. Как выглядит схема замещения кабельной линии?

5. Как учесть при расчете параметров схемы замещения то, что проектируется двухцепная ВЛЭП?

Тема 4. Определение сопротивлений и проводимостей трансформаторов и автотрансформаторов

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 1.8 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Определить параметры схемы замещения трехфазного двухобмоточного трансформатора типа ТРДЦН-63000/220.
2. Определить параметры трехлучевой схемы замещения трансформатора типа ТДТН-40000/220, отнесенные к высшему напряжению. Соотношения мощностей обмоток ВН/СН/НН 100/100/100.
3. Студенты самостоятельно рассчитывают параметры схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов на подстанциях согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, производят расчет раздела 1.8 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Приведите схему замещения двухобмоточного трансформатора.
2. Приведите схему замещения трехобмоточного трансформатора.
3. Приведите схему замещения автотрансформатора.
4. Как учесть при расчете параметров схемы замещения то, что проектируется установить по 2 трансформатора на подстанции?

Тема 5. Расчет падения напряжения в сети

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 1.6 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Определить напряжение в начале линии, питающей нагрузку, мощность которой $(9600 + j7200)$ кВА, если протяженность линии 120 км, выполнена она проводом АС-120/19, а напряжение в конце линии равно 112 кВ.
2. Определить полную потерю напряжения в сети, показанной на рис. 1, участки которой выполнены из проводов: oa – АС-70 протяженностью 4 км, ab – АС-50, протяженностью 5 км, bc –

АС-50, протяженностью 10 км. Номинальное напряжение ЛЭП $U_H = 10$ кВ. Расчет произвести по мощностям нагрузок, указанным на схеме (рис. 1).

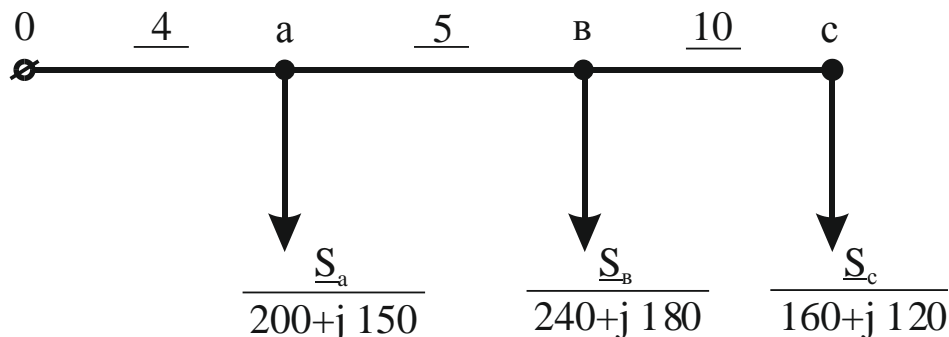


Рис. 1. Схема сети

3. Студенты самостоятельно производят приближенный расчет падения напряжения в разомкнутой и замкнутой сетях согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, то есть производят расчет раздела 1.6 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Как определить продольную составляющую падения напряжения в сети?
2. Как определить поперечную составляющую падения напряжения в сети?
3. Как определить величину полного падения напряжения в сети?
4. Что такое потеря напряжения в линии?
5. В чем разница между падением и потерей напряжения в линии?
6. Как влияет снижение уровня напряжения на работу электроприемников?

Тема 6. Расчет потерь мощности и энергии в линиях электропередач и трансформаторах

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 1.9 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Машиностроительный завод, потребляющий мощность $(40 + j30)$ МВА, питается при напряжении 220 кВ. Одноцепная линия электропередачи протяженностью 180 км выполнена проводом АС-240/32. Определить потери активной и реактивной мощности в линии.

2. Трехфазная воздушная сеть 35 кВ протяженностью 30 км, выполненная проводом АС-120/19, питает станкостроительный завод, который потребляет мощность 5500 кВА. Коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,8$. Время использования максимальной нагрузки $T_{\text{макс}} = 4500$ ч. Определить потерю активной энергии за год.

3. На главной понижающей подстанции машиностроительного завода установлены два параллельно работающие трансформатора типа ТДН-16000/110. Максимальная мощность, потребляемая заводом, $S_{\text{нагр}} = 25$ МВА, коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,8$. Время использования максимальной нагрузки $T_{\text{макс}} = 4300$ ч. Определить потерю активной и реактивной мощности в трансформаторах, а также потерю активной энергии за год.

4. Студенты самостоятельно производят приближенный расчет потерь активной и реактивной мощностей в сети согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, то есть производят расчет раздела 1.9 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Как рассчитать потери мощности в линиях?
2. Как рассчитать потери мощности в трансформаторах?
3. Как рассчитать потери электроэнергии в линиях?
3. Как рассчитать потери электроэнергии в трансформаторах?
4. Что такое число часов использования максимума нагрузки $T_{\text{макс}}$?
5. Что такое время максимальных потерь τ ?

Тема 7. Составление балансов активной и реактивной мощности в сети. Выбор компенсирующего устройства

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 1.10 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Студенты самостоятельно составляют баланс активной и реактивной мощности в сети согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, то есть производят расчет раздела 1.10 курсового проекта [11].

2. Студенты самостоятельно производят выбор компенсирующего устройства согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, раздел 1.10 курсового проекта [11].

Контрольные вопросы

1. Для чего составляется баланс активной мощности в сети?
2. Для чего составляется баланс реактивной мощности в сети?
3. Что такое компенсация реактивной мощности в сети?
4. Как выбрать компенсирующее устройство?

Тема 8. Техничко-экономические основы проектирования электрических сетей. Составление полных схем электрических соединений. Основные технико-экономические показатели и критерии выбора оптимального варианта. Определение затрат на возмещение потерь мощности и энергии

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение разделов 2.1 и 2.2 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. Студенты самостоятельно составляют полные схемы электрических соединений замкнутой и разомкнутой сетей согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, то есть выполняют раздел 2.1 курсового проекта [11].

2. Самостоятельно определяются экономические показатели и выбирается целесообразный вариант согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, рассчитывается раздел 2.2 [11].

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры способов присоединения подстанции к сети.
2. Приведите примеры типовых схем распределительных устройств 35-750 кВ.
3. Какие типовые схемы распределительных устройств применяются на напряжение 110 кВ?
4. Какие типовые схемы распределительных устройств применяются на напряжение 220 кВ?
5. Какие технико-экономические показатели электрических сетей необходимо определить при выборе целесообразного варианта на основании технико-экономического расчета?
6. Как определяются затраты на возмещение потерь мощности и энергии?
7. Как определяются капитальные затраты на рассчитываемый вариант сети?

Тема 9. Расчет потокораспределения в разомкнутых питающих сетях 110-220 кВ без учета потерь мощности и с учетом потерь мощности

На практическом занятии рассматривается методика выполнения разделов 3.2 и 3.3 курсового проекта [11] для разомкнутой сети.

Задачи и упражнения

1. Нагрузка $\underline{S}_2 = (15+j10)$ МВА питается от шин электростанции по одноцепной линии 110 кВ длиной $l = 80$ км, выполненной проводом АС 120\19. Сопротивления и проводимость ЛЭП: $R_{12}=24,48$ Ом, $X_{12}=34,72$ Ом, $B_{12} = 208,8 \cdot 10^{-6}$ См. Модуль напряжения на шинах ЭС $U_1=116$ кВ. Определить мощность \underline{S}_1 ,

вырабатываемую электростанцией и напряжение в конце линии \underline{U}_2 . (Расчет по данным начала линии).

Схема замещения линии электропередачи представлена на рис. 2.

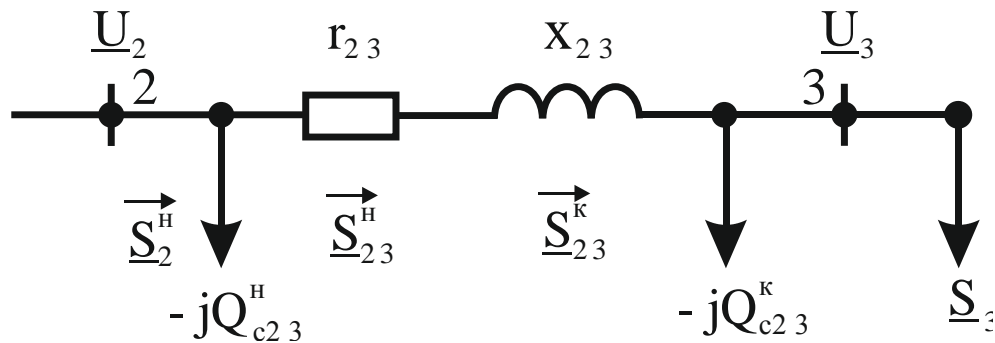


Рис. 2. Схема замещения линии электропередачи

2. Студенты самостоятельно производят расчет потокораспределения в сети без учета потерь мощности согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование, рассчитывают раздел 3.2 курсового проекта [11] для разомкнутой сети.

3. Студенты самостоятельно производят расчет потокораспределения в разомкнутых питающих сетях с учетом потерь мощности согласно своему индивидуальному заданию на курсовое проектирование, то есть производят расчет раздела 3.3 курсового проекта [11] для разомкнутой сети.

Контрольные вопросы

1. Какова методика расчета потокораспределения в разомкнутых сетях местного значения без учета потерь мощности?
2. Какова методика расчета потокораспределения в разомкнутых питающих сетях 110-220 кВ без учета потерь мощности?
3. Как найти расчетную нагрузку подстанции?
4. Какова методика расчета потокораспределения в разомкнутых питающих сетях 110-220 кВ с учетом потерь мощности?
5. Как определить потери мощности в линии?
6. На какую величину отличается мощность, протекающая в начале линии от мощности, протекающей в конце линии?

Тема 10. Распределение потоков мощностей в простых замкнутых сетях без учета потерь мощности

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 3.2 курсового проекта [11] для замкнутой сети.

Задачи и упражнения

1. Схема замещения замкнутой сети, питающей 2 нагрузки, мощность которых $\underline{S}_1 = (30 + j5)$ МВА и $\underline{S}_2 = (55 + j30)$ МВА, изображена на рис. 3. Номинальное напряжение ЛЭП $U_H = 110$ кВ. Сопротивления линий электропередач равны: $z_{PЭС-1} = (10 + j5)$ Ом, $z_{12} = (20 + j10)$ Ом, $z_{PЭС-2} = (30 + j15)$ Ом. Мощности, генерируемые линиями, равны: $-0,5 jQ_{сРЭС-1} = -j1$ МВАр; $-0,5 jQ_{с12} = -j2$ МВАр; $-0,5 jQ_{сРЭС-2} = -j3$ МВАр. Мощность компенсирующего устройства, установленного на подстанции 2, $-jQ_K = -j20$ МВАр. На подстанциях установлены по 2 двухобмоточных трансформатора. Высшее номинальное напряжение трансформатора $U_{вн} = 110$ кВ, низшее номинальное напряжение $U_{нн} = 10$ кВ. Полное сопротивление одного трансформатора $\underline{Z}_T = (2,3 + j190)$ Ом. Потери мощности холостого хода трансформатора $\Delta \underline{S}_{ххт} = (0,1 + j0,8)$ МВА. Напряжение РЭС в режиме максимальных нагрузок $U_{РЭС}^{\max} = 1,1$. Рассчитать потокораспределение без учета потерь мощности в режиме максимальных нагрузок.

2. Студенты самостоятельно производят расчет раздела 3.2 курсового проекта согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование [11] для замкнутой сети.

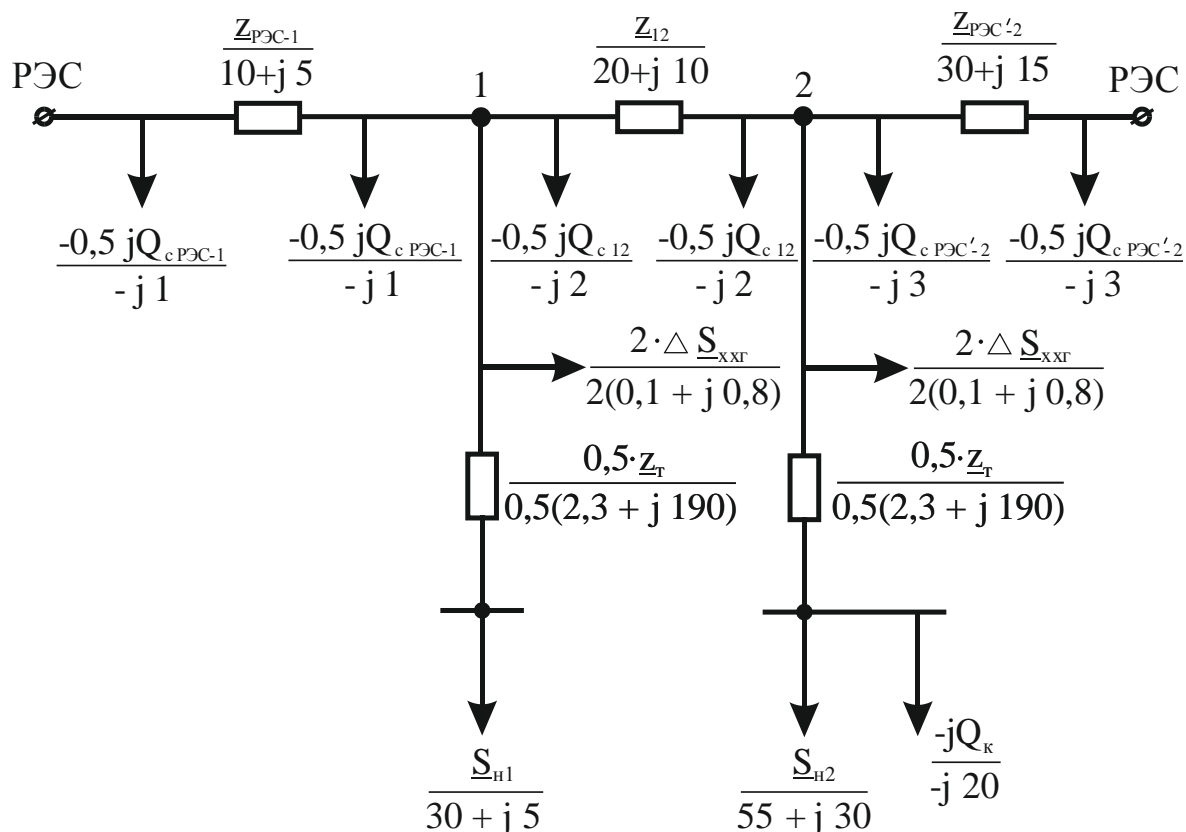


Рис. 3. Схема замещения замкнутой сети

Контрольные вопросы

1. Какую сеть называют простой замкнутой сетью?
2. Какова методика расчета потоков мощностей в простых замкнутых сетях без учета потерь мощности?
3. Как определить потери мощности в трансформаторе в максимальном режиме?
4. Как определить потоки мощности от РЭС?
5. Как определить точку потокораздела мощностей?

Тема 11. Распределение потоков мощностей в простых замкнутых сетях с учетом потерь мощности

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение раздела 3.3 курсового проекта [11] для замкнутой сети.

Задачи и упражнения

1. Условие задачи № 1 к теме 11. Схема замещения приведена на рисунке 3. Рассчитать потокораспределение с учетом потерь мощности в режиме максимальных нагрузок.

2. Студенты самостоятельно производят расчет раздела 3.3 курсового проекта согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование [11] для замкнутой сети.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие простой замкнутой и сложной замкнутой сети?
2. Какова методика расчета потоков мощностей в простых замкнутых сетях с учетом потерь мощности?
3. Как определить потери мощности в линии электропередачи в максимальном режиме?

Тема 12. Определение падений напряжения на участках сети и расчет действительных напряжений на шинах подстанции. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов с РПН согласно условиям встречного регулирования подстанций

На практическом занятии рассматривается и объясняется выполнение разделов 3.4 и 3.5 курсового проекта [11].

Задачи и упражнения

1. На районной подстанции установлен трансформатор типа ТДН-10000/110. Напряжение на первичной обмотка трансформатора при максимальной нагрузке $U_1' = 103,8$ кВ, а в момент минимума нагрузки $U_1'' = 109,3$ кВ. Потери напряжения в трансформаторе составляют: при максимальной нагрузке $\Delta U_T' = 4,5$ %, при минимальной нагрузке $\Delta U_T'' = 1,54$ %. Определить диапазон регулирования трансформатора, если на подстанции осуществляется встречное регулирование напряжения. Выбрать ответвления трансформатора с РПН в режиме максимальной и минимальной нагрузок.

2. Студенты самостоятельно производят расчет разделов 3.4 и 3.5 курсового проекта согласно индивидуальному заданию на курсовое проектирование [11].

Контрольные вопросы

1. Область применения трансформаторов с РПН.
2. Область применения трансформаторов с ПВВ.
3. Каковы условия встречного регулирования напряжения в трансформаторах?

6. Список литературы

Основная литература

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для вузов / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 716 с.

2. Смурнов, Е. С. Автоматизация и диспетчеризация систем электроснабжения [Электронный ресурс]. – М.: Лаборатория книги, 2010. – 101 с. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/86340/>

3. Бурман, А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Электроэнергетика», «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян. – Москва: МЭИ, 2012. – 336 с.

Дополнительная литература

4. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети / В. И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

5. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2009. – 688 с.

6. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети: учеб. пособие / А. В. Лыкин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 248 с.

7. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети: учеб. для энергет. специальностей вузов / под ред. В. Т. Федина. – Минск: Технопринт, 2004. – 720 с.

8. Цапенко, Е. Ф. Перенапряжения в системах электроснабжения [Электронный ресурс] учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электроснабжение» направления подготовки дипломированных специалистов «Электроэнергетика». – М. Изд-во Московского государственного горного университета, 2008. – 63 с. <http://www.biblioclub.ru/book/100035/>

9. Справочник по проектированию электрических сетей / И. Г. Карапетян [и др.]; под ред. Д. Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.

10. Назарычев, А. Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов учеб.-практ. пособие (справочник) А. Н. Назарычев, Д. А. Андреев, А. И. Таджибаев; под ред. А. Н. Назарычева. – М.: Инфра-Инженерия, 2006. – 928 с. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/70526/>

11. Передача и распределение электрической энергии: методические указания по выполнению курсовой работы для студентов специальности 140211 «Электроснабжение» всех форм обучения / сост.: О. В. Попова; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2011. – 15 с.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

12. Трансформаторы группы компаний Аксис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.axistrans.com/transformatori/trdn/> Дата обращения: 19.06.2011.

13. Показатели стоимости распределительных устройств на сайте «Электрические сети» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/info/podstancii/pokazateli-stoimosti-raspredelitelnyh-ustroystv.html> Дата обращения: 19.06.2011.

14. Прайс лист на строительство ЛЭП электромонтажной компании Электрик мастер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrik-master.ru/index.php?m=9&s=252&tr=2> Дата обращения: 19.06.2011.