



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра
электрических
станций, сетей и
систем

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Методические указания и задания к выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2015

СОСТАВИТЕЛИ: В.Н. Сажин, Н.А. Генбач. Передача электрической энергии. Методические указания и задания к выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика – Алматы: АУЭС, 2013. – 21с.

Методическая разработка предназначена для выполнения расчетно-графических работ по дисциплине «Передача электрической энергии» и содержит: задания, методические указания к выполнению РГР, варианты контрольных вопросов, а также список необходимой литературы.

Ил.- 9, табл.- 6, библиогр. – 4 назв.

Рецензент: доцент Башкиров М.В

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 год.

1 Общие указания

Цель расчетно-графических работ – закрепить умения и систематизировать знания, полученные при изучении дисциплины «Передача электрической энергии», научить студентов применять эти знания при решении инженерных задач, привить им навыки к самостоятельной работе.

Методическая разработка включает три расчетно-графические работы, в каждую из которых включены по одной задаче и по два контрольных вопроса.

Исходные данные для выполнения РГР строго индивидуальны. Каждый студент определяет свой вариант задания в зависимости от учебного года изучения данной дисциплины по трем признакам – по последней и предпоследней цифрам шифра и первой букве своей фамилии.

Согласно таблице 1, по последней цифре шифра (номера зачетной книжки) с учетом года изучения дисциплины устанавливается номер варианта исходных данных первой группы.

Таблица 1- Исходные данные первой группы

Учебный год	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015/16	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV
2016/17	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI
2017/18	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2018/19	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV
2019/20	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI
2020/21	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

Аналогично, согласно таблице 2, устанавливается по предпоследней цифре шифра номер варианта исходных данных второй группы и, согласно первой букве фамилии, по таблице 3 номер варианта исходных данных третьей группы.

Таблица 2 - Исходные данные второй группы

Учебный год	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015/16	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V
2016/17	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII
2017/18	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2018/19	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V
2019/20	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII
2020/21	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

Таблица 3 - Исходные данные третьей группы

Учебный год	Первая буква фамилии									
	А,Д	В,Г,Я	Б,Е	Ж,З И, Л	К,Ы	М,О	Н,П	Р,Т,У, Ф	С,Ч	Х,Ц, Щ,Ш, Э,Ю
2015/16	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI
2016/17	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2017/18	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2018/19	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI
2019/20	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2020/21	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI

Вариант контрольных вопросов в каждой РГР принимается по последней цифре шифра независимо от года обучения.

2 Расчетно-графическая работа №1

2.2 Условие задачи

На рисунке 2.1 представлена схема электрической сети напряжением 110 кВ.

Требуется:

а) составить схему замещения сети. Параметры схемы замещения определить расчетным путем;

б) определить потери мощности в элементах сети и уровни напряжения в узловых точках схемы замещения электропередачи.

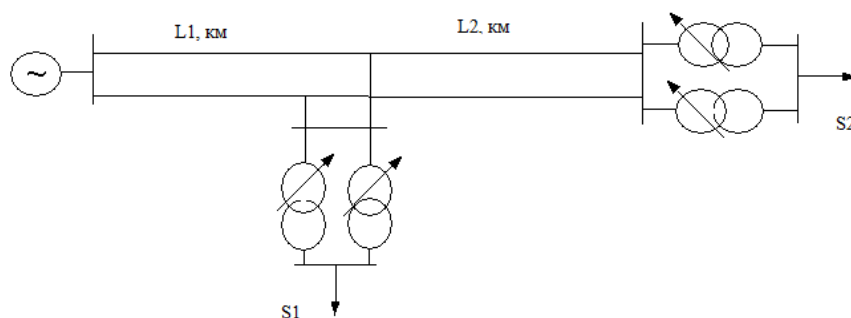


Рисунок 2.1 - Расчетная схема сети

Таблица 4 - Варианты заданий для выполнения РГР

№ вар	Исходные данные 1 группы			Исходные данные 2 группы			Исходные данные 3 группы		
	Тип трансформатора	Мощность нагрузки, МВА		Марка провода	Д, м	cos φ	Длина линии		Расположение фазных проводов
		S1	S2				L1, км	L2, км	
I	ТМН-2500/110	1,6	2,2	АС-70/11	3,5	0,8	20	15	горизонтальное
II	ТМН-6300/110	4,0	5,2	АС-70/11	4,0	0,85	23	20	треугольное
III	ТДН-10000/110	8,2	6,9	АС-95/16	3,0	0,9	18	25	треугольное
IV	ТДН-16000/110	14,1	10,5	АС-95/16	3,5	0,88	16	20	треугольное
V	ТДН-25000/110	20,0	16,5	АС-95/16	3,7	0,82	22	18	горизонтальное
VI	ТРДН-40000/110	30,0	25,8	АС-70/11	4,0	0,85	25	16	горизонтальное
VII	ТМН-6300/110	4,6	5,8	АС-70/11	3,3	0,9	24	19	горизонтальное
VIII	ТДН-10000/110	9,1	7,3	АС-70/11	3,5	0,87	15	22	треугольное
IX	ТДН-16000/110	12,5	14,0	АС-95/16	4,0	0,83	23	16	треугольное
X	ТМН-25000/110	23,5	19,8	АС-95/16	3,0	0,8	25	15	горизонтальное

2.3 Методические указания

Воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше длиной до 300-400 км обычно представляются П – образной схемой замещения (рисунок 2.2).

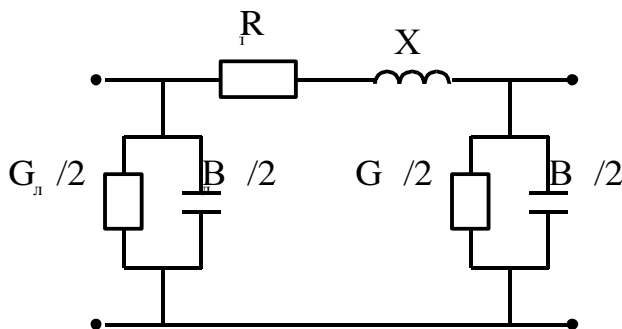


Рисунок 2.2 - Схема замещения линии

Активное сопротивление проводов и кабелей определяется материалом токоведущих жил и их сечениями. Погонное активное сопротивление (на 1 км длины) для голых проводов и кабелей при температуре +20°C определяется

$$R_0 = \frac{\rho}{F}, \quad (2.1)$$

где ρ - удельное сопротивление материала проводника ($\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{км}}$);

F - сечение провода, мм^2 .

Активное сопротивление линии, длиной l определяется

$$R_0 = r_0 \cdot l.$$

Активное сопротивление проводов и кабелей при частоте 50 Гц примерно равно омическому сопротивлению. При этом не учитывается влияние поверхностного эффекта. Пренебрегают также тем влиянием, которое оказывают на величину активного сопротивления колебания температуры проводника, и используют в расчетах величины этих сопротивлений при средних температурах (+20°C).

Сопротивление току, обусловленное противодействием ЭДС самоиндукции, называется индуктивным сопротивлением. Соседние провода трехфазной линии, являющиеся обратными проводами для тока рассматриваемого провода, в свою очередь наводят в нем ЭДС согласно основному току направления, что уменьшает ЭДС самоиндукции и соответственно реактивное сопротивление. Поэтому, чем дальше друг от друга расположены фазные провода линии, тем влияние соседних проводов будет меньше, а поток рассеяния между проводами и, следовательно, индуктивное сопротивление линии – больше.

На индуктивное сопротивление оказывают влияние также диаметр провода, магнитная проницаемость провода и частота переменного тока.

Величина погонного индуктивного сопротивления линии определяется

$$X_0 = \omega \cdot (4,6 \cdot \lg \frac{D_{\text{cp}}}{r_n} + 0,5\mu) \cdot 10^{-4}, \quad (2.2)$$

где $\omega = 314$ - угловая частота при 50 Гц;

D_{cp} - среднегеометрическое расстояние между проводами;

r_n - радиус провода.

Для проводов из цветного металла ($\mu=1$) при промышленной частоте 50 Гц формула (2.2) примет вид:

$$X_0 = 0,144 \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_n} + 0,016 . \quad (2.3)$$

Среднегеометрическое расстояние между проводами одноцепной трехфазной линии:

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}} ,$$

где D_{12}, D_{13}, D_{14} - расстояние между проводами отдельных фаз.

При расположении проводов по вариантам равностороннего треугольника все провода находятся на одинаковом расстоянии относительно друг друга, и среднегеометрическое расстояние $D_{cp}=D$ (рисунок 2.3).

При горизонтальном расположении проводов (рисунок 2.4).

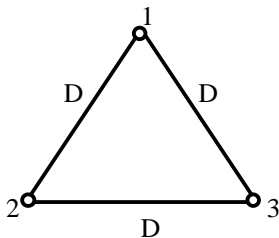


Рисунок 2.3- Расположение проводов треугольником

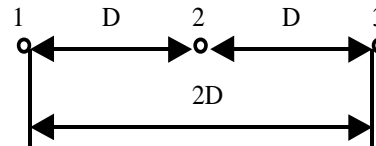


Рисунок 2.4- Горизонтальное расположение проводов

Активная проводимость линий обусловлена потерями активной мощности от токов утечки через изоляцию и от электрической короны на проводах.

Если утечкой в линиях пренебречь, то активная проводимость, обусловленная короной, определяется

$$g_0 = \frac{\Delta P_{кор}}{U_{ном}^2} , \quad (2.4)$$

где $\Delta P_{кор}$ - потери мощности на корону, кВт/км;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение.

Реактивная проводимость обусловлена наличием емкости между проводами и землей и имеет емкостной характер. Она определяется известным выражением

$$B_0 = \omega \cdot C_0 ,$$

где C_0 - рабочая емкость линии, Ф/км.

Рабочая емкость линии зависит от диаметра проводов, их взаимного расположения, расстояния между ними и диэлектрической проницаемости среды.

В практических расчетах электрических сетей рабочую емкость трехфазной воздушной линии с одним проводом на фазу определяют по формуле

$$C_0 = \frac{0,024}{\lg \frac{D_{cp}}{r_n}} \cdot 10^6. \quad (2.5)$$

При частоте переменного тока 50 Гц

$$B_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{cp}}{r_n}} \cdot 10^6. \quad (2.6)$$

Емкостная проводимость всей линии

$$B = b_0 \cdot l.$$

Двухобмоточные трансформаторы обычно имеют Г-образную схему замещения (рисунок 2.5).

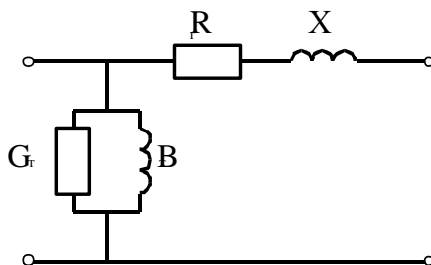


Рисунок 2.5- Схема замещения двухобмоточного трансформатора

К числу основных параметров трансформаторов относятся: потери короткого замыкания $\Delta P_{кз}$, потери холостого хода ΔP_{xx} , напряжение короткого замыкания $U_{к\%}$ и ток холостого хода $i_{xx\%}$. Эти данные позволяют определить все сопротивления и проводимости схемы замещения трансформатора.

Активная мощность, потребляемая трансформатором в опыте короткого замыкания, практически целиком расходуется на нагрев его обмоток.

$$\Delta P_{кз} = 3 \cdot I_H^2 \cdot R_T = \frac{S_H^2}{U_H^2} \cdot R_T,$$

откуда

$$R_{\tau} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_{H}^2}{S_{H}^2}, \quad (2.7)$$

Напряжение короткого замыкания $U_{к}$ складывается из двух составляющих: падения напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях от тока, протекающего в режиме короткого замыкания. Причем в современных крупных трансформаторах первая составляющая намного меньше, чем вторая, так как $R_{\tau} \ll X_{\tau}$. Пренебрегая падением напряжения в активном сопротивлении трансформатора, можно считать

$$U_{к\%} \approx U_{r\%} = \frac{I_{H} \cdot X_{\tau}}{U_{H}} \cdot 100, \quad (2.8)$$

откуда

$$X_{\tau} = \frac{U_{к\%} \cdot U_{H}}{I_{H} \cdot 100} = \frac{U_{к\%} \cdot U_{H}^2}{100 \cdot S_{H}}, \quad (2.9)$$

Проводимости G_{τ} и B_{τ} схемы замещения трансформатора определяются по результатам опыта холостого хода, в котором при разомкнутой вторичной обмотке к первичной обмотке подводится номинальное напряжение.

$$\Delta P_{xx} \approx U_{H}^2 \cdot G_{\tau}, \quad \Delta Q_{xx} \approx U_{H}^2 \cdot B_{\tau},$$

откуда

$$G_{\tau} = \frac{\Delta P_{xx}}{U_{H}^2}, \quad (2.10)$$

$$B_{\tau} = \frac{\Delta Q_{xx}}{U_{H}^2}, \quad (2.11)$$

Мощность $S_{\tau\tau}$ в относительных единицах равна току холостого хода в процентах, который указывается в паспортных данных трансформаторов

$$I_{xx\%} = \frac{I_{xx}}{I_{H}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{xx} \cdot U_{H}}{\sqrt{3} \cdot I_{H} \cdot U_{H}} \cdot 100 = S_{xx\%}.$$

2.4 Контрольные вопросы

Вариант 1

- 1 Приведите порядок расчета районной сети по «данным конца».
- 2 Кратко охарактеризуйте основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии в сети.

Вариант 2

- 1 Как производится выбор ответвлений трансформаторов с РПН?
- 2 Какие существуют способы и средства регулирования напряжения в сети?

Вариант 3

- 1 Как определяются потери мощности и энергии в трансформаторах и автотрансформаторах?
- 2 Как проводится расчет линий с двухсторонним питанием?

Вариант 4

- 1 Какие существуют источники реактивной мощности в электрических сетях ?
- 2 Приведите алгоритм расчета районной электрической сети по «данным начала»?

Вариант 5

- 1 Какие преобразования могут иметь место при расчете сложно-замкнутых сетей ?
- Какие причины могут вызвать несимметрию напряжения?

Вариант 6

- 1 Из каких составляющих складывается баланс активных мощностей в электрической системе?
- 2 В чем заключается сущность метода «расщепления сети»?

Вариант 7

- 1 Как рассчитывается кольцевая сеть, имеющая две точки потокоораздела?
- 2 Какие существуют способы повышения пропускной способности протяженных электропередач?

Вариант 8

- 1 Как определяется величина ущерба от перерывов электроснабжения потребителей ?
- 2 Как определяются потери мощности и энергии в линиях?

Вариант 9

- 1 Какие существуют показатели качества электроэнергии?
- 2 Как проводится выбор сечений проводов в электрических сетях?

Вариант 10

- 1 В чем заключается сущность первичного регулирования частоты?
- 2 Как осуществляется вторичное регулирование частоты?

3 Расчетно-графическая работа №2

3.1 Условие задачи

Определить распределение мощностей и уровни напряжения в узловых точках сети, изображенной на рисунке 3.1. Напряжение источников питания принять равными $U_a=U_b=115$ кВ. Исходные данные приведены в таблице 5.

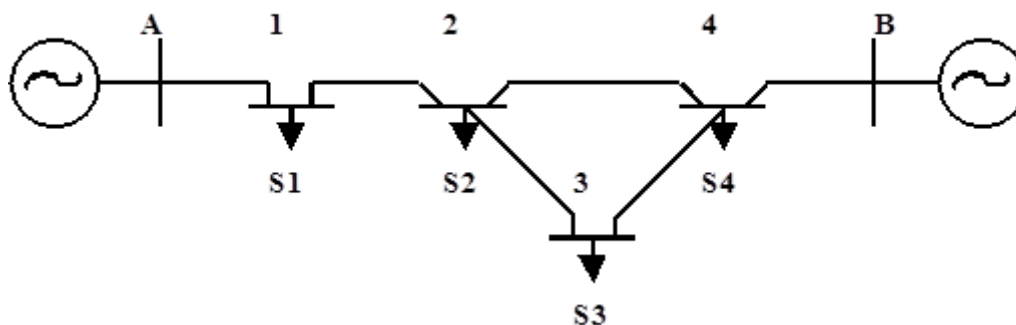


Рисунок 3.1- Расчетная схема сети

Таблица 5 - Варианты заданий для выполнения РГР

№ варианта	Исходные данные 1 группы				Исходные данные 2 группы			Исходные данные 3 группы			
	Нагрузка подстанций				cosφ	Длина участка сети, км			Длина участка сети, км		
	S1, МВА	S2, МВА	S3, МВА	S4, МВА		A-1	1-2	2-3	3-4	2-4	B-4
I	20	23	17	15	0,85	15	20	22	30	18	29
II	35	30	27	40	0,88	20	25	40	35	33	22
III	40	28	35	26	0,9	50	45	32	48	55	47
IV	22	18	25	10	0,86	32	20	25	18	30	40
V	33	26	0	23	0,91	40	45	50	32	30	28
VI	19	25	16	28	0,85	55	50	43	32	28	53
VII	36	40	22	33	0,89	45	37	26	30	50	43
VIII	30	35	25	28	0,92	35	45	30	35	40	52
IX	23	20	18	26	0,84	20	26	32	24	30	35
X	22	28	33	19	0,87	45	40	38	25	47	50

3.2 Методические указания

В ряде случаев при проектировании, а также при эксплуатации сетей небольшой сложности возникает необходимость проведения одноразовых расчетов без применения ПЭВМ, одним из распространенных способов ручного счета – последовательное упрощение схемы сложной сети по методу преобразования сети.

Сущность метода преобразования заключается в том, что заданную сложную сеть путем постепенных преобразований приводят к линии с двусторонним питанием, в которой распределение мощностей находят уже известным методом. Затем, после определения линейных мощностей на каждом участке преобразованной схемы, с помощью последовательных обратных преобразований находят действительное распределение мощностей в исходной схеме сети.

Эквивалентирование параллельных линий на любых участках замкнутой сети возможно только в том случае, если на этих линиях нет присоединенных нагрузок. Для участка замкнутой сети с двумя параллельными линиями (рисунок 3.1).

$$\dot{S}_3 = \dot{S}_1 + \dot{S}_2; \quad \dot{Z}_3 = \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}.$$

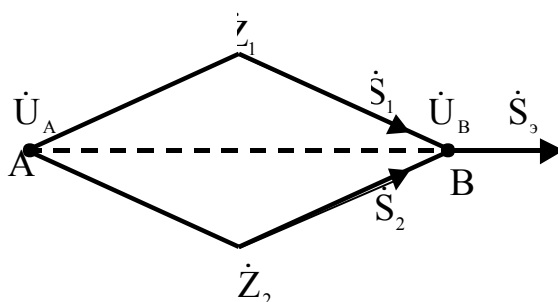


Рисунок 3.1- Эквивалентирование параллельных линий

Если в схеме существуют промежуточные нагрузки, то эквивалентирование осуществить нельзя. Для этого делают так называемый перенос нагрузок в другие точки сети. При этом режим сети до переноса и после должен оставаться неизменным.

Иногда при расчете сети требуется произвести преобразования треугольника в эквивалентную звезду и обратно (рисунок 3.2).

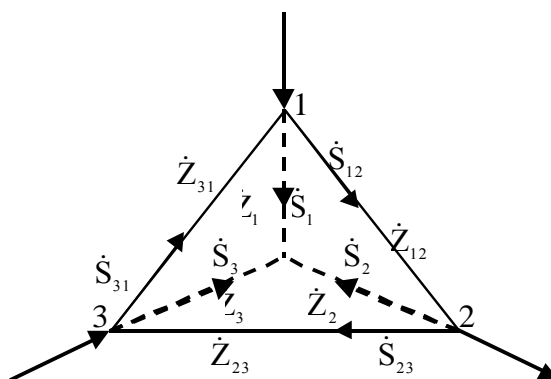


Рисунок 3.2- Преобразование треугольника в звезду

Сопротивления лучей эквивалентной звезды определяются

$$\dot{Z}_1 = \frac{\dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{13}}{\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{13} + \dot{Z}_{23}}; \quad \dot{Z}_2 = \frac{\dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{23}}{\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{13} + \dot{Z}_{23}}; \quad \dot{Z}_3 = \frac{\dot{Z}_{13} \cdot \dot{Z}_{23}}{\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{13} + \dot{Z}_{23}}. \quad (3.1)$$

Обратные преобразования

$$\left. \begin{aligned} \dot{Z}_{12} &= \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2}{\dot{Z}_3}, \\ \dot{Z}_{13} &= \dot{Z}_1 + \dot{Z}_3 + \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_3}{\dot{Z}_2}, \\ \dot{Z}_{23} &= \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3 + \frac{\dot{Z}_2 \cdot \dot{Z}_3}{\dot{Z}_1}. \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

При разворачивании преобразований схемы в исходную необходимо найти распределение мощностей на сторонах треугольника по полученному распределению мощностей в лучах эквивалентной звезды.

После предварительного определения мощностей выбирается сечение проводов и проводится уточненный расчет мощностей с учетом действительных сопротивлений каждого участка сети.

Расчет напряжений осуществляется по «данным начала». В этом случае известной величиной является напряжение в центрах питания \dot{U}_A и \dot{U}_B и используется метод последовательных приближений, причем расчеты выполняются в два этапа.

В качестве первого приближения (на первом этапе расчета) принимается, что напряжения во всех узлах равны номинальному напряжению сети. При этом условии находится распределение мощностей в сети.

Расчет ведется в следующей последовательности. Определяются потери мощности на конечном участке сети

$$\Delta P_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{\text{ном}}^2} R_n; \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{\text{ном}}^2} X_n.$$

Далее определяется мощность \dot{S}_n в начале этого участка. По балансу мощности в узле (n-1) определяется мощность в конце участка n-1. Аналогично ведется расчет и для всех остальных участков сети. Расчет продолжается до тех пор, пока не определится \dot{S}_A .

На следующем этапе расчета определяются напряжения в узлах нагрузки во втором приближении. Исходными данными для расчета являются: напряжение \dot{U}_A и найденные в предыдущем этапе расчета мощности в конце каждого из участков. Для головного участка сети

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_A - \Delta \dot{U}_1, \quad (3.4)$$

где $\Delta \dot{U}_1$ - падение напряжения на головном участке сети.

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_A - \Delta U_1 - j\delta U_1 \quad (3.5)$$

или в раскрытой форме

$$\dot{U}_1 = U_A - \frac{P_1 R_1 + Q_1 X_1}{U_A} - \frac{P_1 X_1 + Q_1 R_1}{U_A}. \quad (3.6)$$

Модуль напряжения в точке 1

$$U_1 = \sqrt{(U_A - \Delta U_1)^2 + \delta U_1^2}. \quad (3.7)$$

Аналогично определяются напряжения в других узловых точках сети.

3.3 Контрольные вопросы

Вариант 1

1 Как определяется величина ущерба от перерывов электроснабжения потребителей ?

2 Как осуществляется вторичное регулирование частоты?

Вариант 2

1 Кратко охарактеризуйте основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии в сети.

2 Какие существуют способы повышения пропускной способности протяженных электропередач?

Вариант 3

1 Приведите алгоритм расчета районной электрической сети по «данным начала».

2 Как производится выбор ответвлений трансформаторов с РПН?

Вариант 4

1 Как рассчитывается кольцевая сеть, имеющая две точки потоко раздела?

2 Какие преобразования могут иметь место при расчете сложно-замкнутых сетей?

Вариант 5

1 Из каких составляющих складывается баланс активных мощностей в электрической системе?

2 Какие существуют способы и средства регулирования напряжения в сети ?

Вариант 6

1 Как определяются потери мощности и энергии в трансформаторах и автотрансформаторах?

2 Как определяются потери мощности и энергии в линиях?

Вариант 7

1 В чем заключается сущность первичного регулирования частоты ?

2 Какие причины могут вызвать несимметрию напряжения?

Вариант 8

1 Как проводится расчет линий с двухсторонним питанием?

2 Какие существуют показатели качества электроэнергии? Приведите их нормированные значения.

Вариант 9

1 Какие существуют источники реактивной мощности в электрических сетях ?

2 В чем заключается сущность метода «расщепления сети»?

Вариант 10

1 Приведите порядок расчета районной сети по «данным конца».

2 Как проводится выбор сечений проводов в электрических сетях?

4 Расчетно-графическая работа №3

4.1 Условие задачи

Районная подстанция «Б» с двумя трансформаторами питается по двум параллельным линиям от электростанции «А» (рисунок 4.1). Параметры сети и мощность нагрузки в максимальном режиме указаны в таблице 6. Наименьшая нагрузка составляет 50% от наибольшей. Коэффициент мощности в обоих режимах равен 0,93. При наибольшей нагрузке на шинах электростанции поддерживается напряжение $U_{A \max}$, а при наименьшей – $U_{A \min}$. При наименьших нагрузках один из трансформаторов отключается.

Определить необходимый диапазон регулировочных ответвлений на трансформаторах. При необходимости рекомендовать дополнительные мероприятия по улучшению качества напряжения.

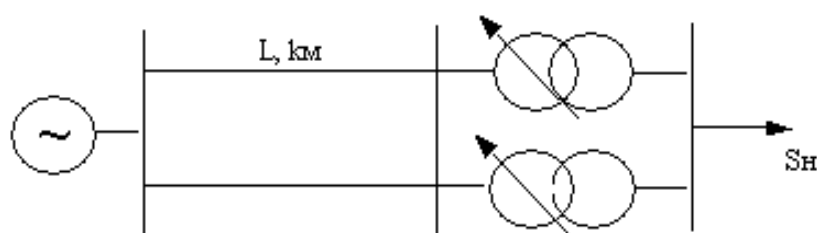


Рисунок 4.1- Расчетная схема сети

Таблица 6 - Варианты заданий для выполнения РГР

№ варианта	Исходные данные 1 группы		Исходные данные 2 группы		Исходные данные 3 группы		
	Тип трансформатора	Мощность нагрузки, МВА	Номинальный коэф. трансформации КТ	Длина линии L, км	Марка провода	U _A max, кВ	U _A min кВ
I	ТРДН – 40000/110	55	115/10,5/10,5	40	АС-150/24	117	113
II	ТДН – 10000/110	14	115/10,5	30	АС-70/11	120	112
III	ТДН – 16000/110	23	121/11	45	АС-95/16	118	111
IV	ТРДН – 25000/110	35	115/10,5/10,5	50	АС-95/16	116	110
V	ТРДН – 40000/110	50	115/10,5/10,5	48	АС-150/24	116	112
VI	ТДН – 10000/110	15	121/11	35	АС-120/19	115	111
VII	ТДН – 16000/110	22	115/11	25	АС-120/19	118	113
VIII	ТРДН – 25000/110	35	115/11/11	20	АС- 120/19	115	110
IX	ТРДН – 40000/110	60	115/10,5/10,5	40	АС-150/24	117	113
X	ТДН – 16000/110	21	115/11	35	АС-95/16	115	112

4.2 Методические указания

Трансформаторы и автотрансформаторы, кроме основных ответвлений, имеют еще и дополнительные регулировочные ответвления. Изменяя эти ответвления, можно изменить коэффициент трансформации (в пределах 10–20 %).

По конструктивному исполнению различают трансформаторы двух типов: с переключением регулировочных ответвлений без возбуждения, т.е. с отключением от сети (трансформаторы с ПБВ); с переключением регулировочных ответвлений под нагрузкой (трансформаторы с РПН). Регулировочные ответвления выполняются на стороне высшего напряжения трансформатора. При этом облегчается переключающее устройство.

В настоящее время все трансформаторы 35 кВ и выше имеют устройства РПН. Чтобы переключить регулировочное ответвление в трансформаторе с ПБВ, его необходимо отключить от сети. Такие переключения производятся редко только при сезонном изменении нагрузок.

Трансформаторы с ПБВ изготавливаются с основным и дополнительными ответвлениями. Основное ответвление имеет напряжение, равное номинальному напряжению сети, к которой присоединяется данные трансформаторы (6,10 кВ). При основном ответвлении коэффициент трансформации трансформатора называется номинальным. При использовании четырех дополнительных ответвлений коэффициент трансформации отличается от номинального на +5; +2,5; -2,5 и -5%.

Трансформаторы со встроенным устройством РПН отличаются от трансформаторов с ПБВ наличием специального переключающего устройства, а также увеличенным числом ступеней регулировочных ответвлений и величиной диапазона регулирования. Например, для трансформаторов с номинальным напряжением основного ответвления обмотки ВН на 115 кВ предусматриваются диапазоны регулирования $\pm 16\%$ при ± 9 ступенях регулирования по 1,78% каждая.

Для выбора необходимого коэффициента трансформации требуется найти напряжение U_1 на стороне высокого напряжения трансформатора, которое определяется

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A-1}, \quad (4.1)$$

где ΔU_{A-1} - потеря напряжения на участке сети А-1.

Напряжение U_2 на стороне низкого напряжения трансформатора можно определить

$$U_2 = \frac{U_1 - \Delta U_T}{k_T}, \quad (4.2)$$

где ΔU_T – потеря напряжения в трансформаторе;

k_T – коэффициент трансформации.

На основании (4.2) определим желаемый коэффициент трансформации, когда известно напряжение U_1 и желаемое напряжение на стороне низкого напряжения трансформатора

$$k_{TЖ} = \frac{U_1 - \Delta U_T}{U_{2Ж}}, \quad (4.3)$$

где $U_{2Ж}$ – желаемое напряжение на стороне низкого напряжения трансформатора, равное 10,5 кВ в режиме наибольших нагрузок и 10 кВ в режиме наименьших нагрузок.

Учитывая то, что трансформаторы, подключенные к сети 110 кВ, имеют регулировочный диапазон $\pm 9 \times 1,78\%$, необходимо составить таблицу коэффициентов трансформации для всех ответвлений и выбрать коэффициент трансформации, ближайший к расчетному.

4.3 Контрольные вопросы

Вариант 1

1 Что такое число часов использования максимума и максимальных потерь? В чем различие между этими величинами?

2 Как выбирается мощность батарей статических конденсаторов? В чем сущность метода наложения при расчете сложно-замкнутых сетей?

Вариант 2

1 Как проводится регулирование напряжения изменением реактивной мощности в сети?

2 Как происходит регулирование частоты в послеаварийных режимах?

Вариант 3

1 Как выбирается мощность батарей статических конденсаторов?

2 Как проводится расчет линий с двусторонним питанием при различающихся напряжениях источников питания?

Вариант 4

1 Способы и средства регулирования напряжения в электрических сетях.

2 Как проводится технико-экономическое сравнение вариантов электрической сети?

Вариант 5

1 От чего зависят потери холостого хода и короткого замыкания в трансформаторах? Как они определяются?

2 Как проводится выбор сечений проводов и кабелей по нагреву?

Вариант 6

- 1 Кратко охарактеризуйте методы расчета замкнутых электрических сетей.
- 2 Как осуществляется регулирование напряжения изменением параметров сети?

Вариант 7

- 1 Как выбирается сечение проводов и кабелей по экономической плотности тока?
- 2 Как проводится выбор номинального напряжения сети?

Вариант 8

- 1 Регулирование напряжения в сети изменением коэффициента трансформации трансформаторов.
- 2 Как влияет качество электроэнергии на работу электроприемников?

Вариант 9

- 1 Какие составляющие включают в себя ежегодные издержки на эксплуатацию сети?
- 2 Из каких составляющих складывается баланс реактивных мощностей?

Вариант 10

- 1 Как проводится расчет сети нескольких номинальных напряжений?
- 2 Как выбирается сечение проводов и кабелей по допустимой потере напряжения?

Список литературы

- 1 Соколов С.Е., Сажин В.Н., Генбач Н.А. Электрические сети и системы: Учебное пособие. – АУЭС. Алматы, 2010.
- 2 Герасименко А.А. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – Ростов-на Дону: Феникс, 2006.
- 3 Костин В.Н. Электропитающие системы и электрические сети: Учебное пособие.- СПб. Изд-во СЗТУ, 2007.
- 4 Герасименко А.А. Электрические системы и сети. Расчеты параметров и режимов работы электрических сетей. – Красноярск: КТТУ, 2006.

Содержание

Общие указания.....	3
1 Расчетно-графическая работа №1.....	4
2 Расчетно-графическая работа №2.....	11
3 Расчетно-графическая работа №3.....	16
Список литературы.....	21

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2015 г.
Сводный план 2015г. поз. 2.

Владимир Николаевич Сажин
Наталья Алексеевна Генбач

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Методические указания и задания к выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 –Электроэнергетика

Редактор Н.М.Голева
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать «___»_____2015г.
Тираж 130 экз
Объем 1.3 уч.-изд.л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская №1
Заказ_____. Цена 650 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, Байтурсынова, 126