

Некоммерческое
акционерное
общество



**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ
И СВЯЗИ**

Кафедра электрических
станций и электроэнергетических
систем

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

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

Алматы 2018

СОСТАВИТЕЛИ: Ж.К.Оржанова, Н.А.Генбач. Электрические сети и системы. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2018. – 21с.

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графических работ по дисциплине «Электрические сети и системы», содержат: задания, методические указания в выполнении РГР, варианты контрольных вопросов, а также список необходимой литературы.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 5В071800 – Электроэнергетика.

Ил.9, табл.6, библиогр. – 4 назв.

Рецензент: Тергемес К.Т.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2018г.

©НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2018г.

1 Общие указания

Цель расчетно-графических работ – привить навыки самостоятельной работы, выявить знания студентов по данной дисциплине и умение применять эти знания в дальнейшей профессиональной деятельности. В процессе выполнения РГР студент должен самостоятельно работать с учебной и научно-технической литературой, уметь обобщать полученные знания, делать обоснованные выводы.

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 зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2018/2019	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
2019/2020	II	I	IV	III	VI	VII	VIII	V	X	IX
2020/2021	V	IV	III	II	I	X	IX	VIII	VII	VI
2021/2022	I	II	V	IV	III	VI	X	VII	IX	VIII
2022/2023	IX	VIII	IX	VI	VII	I	II	IV	III	V

Таблица 2 – Исходные данные второй группы

Учебный год	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2018/2019	X	VIII	IX	VI	VII	I	II	IV	III	V
2019/2020	II	I	IV	III	VI	VII	VIII	V	X	IX
2020/2021	I	II	V	IV	III	VI	X	VII	IX	VIII
2021/2022	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
2022/2023	V	IV	III	II	I	X	IX	VIII	VII	VI

Таблица 3 – Исходные данные третьей группы

Учебный год	Первая буква фамилии									
	А, Л, Х	Б, М, Ц	В, Н, Ч	Г, О, Ш	Д, П, Щ	Е, Р, Э	Ж, С, Ю	З, Т, Я	И, У,	К, Ф,
2018/2019	IX	VIII	X	VI	VII	I	II	IV	III	V
2019/2020	II	I	IV	III	VI	VII	VIII	V	X	IX
2020/2021	I	II	V	IV	III	VI	X	VII	IX	VIII
2021/2022	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
2022/2023	V	IV	III	II	I	X	IX	VIII	VII	VI

Аналогично, согласно таблице 2, устанавливается по предпоследней цифре номера зачетной книжки номер варианта исходных данных второй группы и согласно первой буквы фамилии, по таблице 3 – номер варианта исходных данных третьей группы.

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

2 Расчетно-графическая работа 1

2.1 Условие задачи

Потребители понизительной подстанции, на которой установлено « n » трехобмоточных трансформаторов (автотрансформаторов) получают электроэнергию по воздушной линии электропередачи длиной L . Среднегеометрическое расстояние между проводами равно D . Мощность потребителей подстанции на шинах среднего и низшего напряжения составляет соответственно a и b от номинальной мощности трансформаторов и имеет одинаковые T_M и $\cos \varphi$.

Число цепей линии равно количеству трансформаторов на подстанции (рисунок 1). Данные для решения задачи принять по таблице 4.

Требуется:

- составить схему замещения ЛЭП и схему замещения трансформаторов. Параметры схем замещения определить расчетным путем;
- определить потери мощности в элементах сети и уровни напряжения в узловых точках схемы замещения электропередачи.

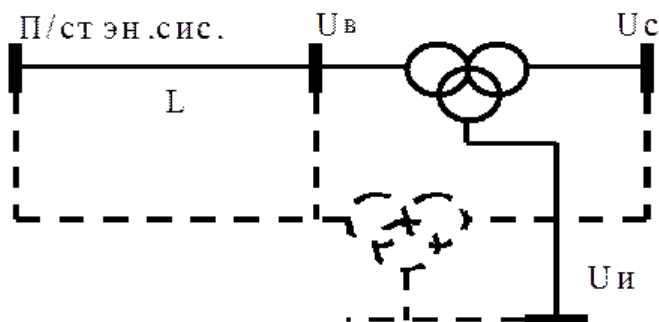


Рисунок 1- Расчетная схема сети

Таблица 4 – Варианты заданий для выполнения РГР

№ вар	Исходные данные 1 группы				Исходные данные 2 группы		Исходные данные 3 группы		
	Тип трансф-ра и автотранс-ра	n	Марка провода	D, м	a	b	L, км	cos φ	Расположение фазных проводов
I	ТДТН-40000/110/35/6	2	АС 185/24	5,0	0,6	0,3	70	0,85	горизонтальное
II	АТДЦТН-125000/220/110/10	1	АС 300/39	8,0	0,55	0,4	100	0,88	по вершинам рав. треуг-ка
III	ТДТН-1600/110/35	2	АС 95/16	4,5	0,65	0,3	50	0,9	горизонтальное
IV	АТДЦТН-63000/220/110/10	1	АС 240/39	8,0	0,55	0,4	120	0,88	по вершинам рав. треуг-ка
V	ТДТН-25000/220/110/10	2	АС 240/39	8,0	0,5	0,35	80	0,83	вертикальное
VI	ТДТН-40000/220/110/10	2	АС 300/39	8,0	0,55	0,3	60	0,85	вертикальное
VII	ТДТН-10000/110/10	1	АС 70/11	4,5	0,6	0,3	40	0,87	горизонтальное
VIII	ТДТН-40000/220/10	2	АС 240/39	8,0	0,5	0,85	55	0,85	вертикальное
IX	АТДЦТН-63000/220/110	1	АС 300/39	8,0	0,6	0,88	70	0,88	по вершинам рав. треуг-ка
X	АТДЦТН-125000/2220/110/10	2	АС 300/39	8,0	0,5	0,88	90	0,86	вертикальное

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).

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°С определяется:

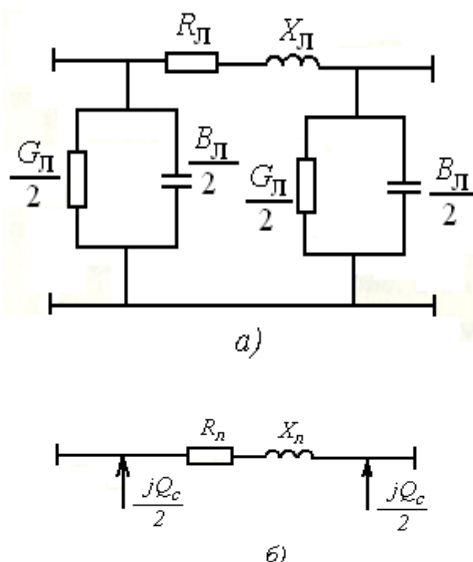
$$r_0 = \frac{\rho}{F}, \quad (2.1)$$

где r_0 – удельные сопротивление материала проводника, Ом/км;

F – сечение провода мм^2 .

Активное сопротивление линии, длиной l определяется:

$$R_{\text{л}} = r_0 \cdot l. \quad (2.2)$$



a – П-образная схема замещения; *б* – схема замещения с зарядной мощностью.

Рисунок 2 – Схема замещения линии

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 э.д.с. самоиндукции, называется индуктивным сопротивлением. Соседние провода трехфазной линии, являющиеся обратными проводами для тока рассматриваемого провода, в свою очередь, наводят в нем э.д.с. согласно с основным током направления, что уменьшает э.д.с. 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:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{cp}}{r} + 0,016 \quad , \quad (2.3)$$

где D_{cp} – среднегеометрическое расстояние между проводами фаз, мм;

r – радиус провода, мм.

Индуктивное сопротивление линии длиной l определяется:

$$X_\pi = x_0 \cdot l. \quad (2.4)$$

Величина D_{cp} определяется номинальным напряжением линии и имеет следующие ориентировочные значения: 0,4 кВ - 0,4 м; 10 кВ-1,5 м; 35кВ-3,5 м; 110 кВ-5 м; 220 кВ-8 м.

Для воздушных линий значения x_0 приводятся в справочных таблицах в зависимости от D_{cp} или напряжения и марки провода.

Среднегеометрическое расстояние между проводами одноцепной трехфазной линии:

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}}, \quad (2.5)$$

где D_{12} , D_{13} , D_{23} – 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 3).

При горизонтальном расположении проводов (рисунок 4).

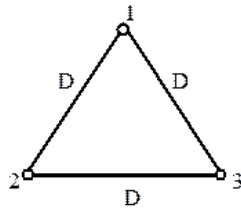


Рисунок 3 – Расположение проводов треугольником

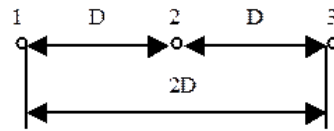


Рисунок 4 – Горизонтальное расположение проводов

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:

$$g_0 = \frac{\Delta P_{кор}}{U_{ном}^2}, \quad (2.6)$$

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:

$$b_0 = w \cdot C_0, \quad (2.7)$$

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:

$$C_0 = \frac{0,024}{\lg \frac{D_{cp}}{r_n}} \cdot 10^{-6}. \quad (2.8)$$

При частоте переменного тока 50 Гц:

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{cp}}{r}} \cdot 10^{-6}. \quad (2.9)$$

Емкостная проводимость всей линии:

$$B_n = b_0 \cdot l. \quad (2.10)$$

Современные трехобмоточные трансформаторы выполняются с соотношением мощностей обмоток 100/100/100%, т.е. каждая из обмоток рассчитана на передачу всей мощности.

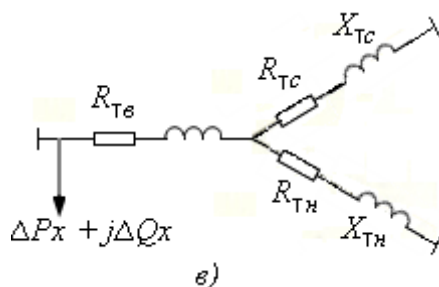


Рисунок 5 - Схема замещения трансформаторов

Трехобмоточные трансформаторы имеют схему замещения, показанную на рисунке 5. Здесь каждая обмотка представлена своими активным и реактивным сопротивлениями, приведенными к номинальному напряжению одной из обмоток. Потери холостого хода ΔP_x и ΔQ_x являются общими для всего трансформатора и определяются так же, как и для двухобмоточного трансформатора.

Активные сопротивления обмоток рассчитываются по приведенным в каталожных данных потерям короткого замыкания. При этом возможны два случая.

Наиболее распространен случай, когда в каталожных данных приведено одно значение потерь короткого замыкания, отвечающее опыту короткого замыкания с обмотками высшего и среднего напряжений $\Delta P_{k\theta-c}$. По заданной величине потерь короткого замыкания вначале находится общее сопротивление рассматриваемых обмоток:

$$R_{T\text{ общ}} = \frac{\Delta P_{k\theta-c} \cdot U_n^2}{S_n^2}. \quad (2.11)$$

Затем определяется сопротивление каждой обмотки по следующему выражению (при равных мощностях обмоток):

$$R_{TB} = R_{TC} = R_{TH} = 0,5 R_{T\text{ общ}}. \quad (2.12)$$

Во втором случае каталожные данные трансформатора содержат три значения потерь короткого замыкания: $\Delta P_{k\theta-c}$, $\Delta P_{k\theta-n}$ и ΔP_{kc-n} . Они соответствуют трем возможным опытам короткого замыкания с каждой парой обмоток. Для нахождения сопротивления каждой обмотки возможен следующий подход.

Определяются потери мощности короткого замыкания в каждой обмотке:

$$\begin{aligned} \Delta P_{k\theta} &= 0,5(\Delta P_{k\theta-c} + \Delta P_{k\theta-n} - \Delta P_{kc-n}); \\ \Delta P_{kc} &= 0,5(\Delta P_{k\theta-c} + \Delta P_{kc-n} - \Delta P_{k\theta-n}); \\ \Delta P_{kn} &= 0,5(\Delta P_{k\theta-n} + \Delta P_{kc-n} - \Delta P_{k\theta-c}). \end{aligned} \quad (2.13)$$

Рассчитываются сопротивления обмоток:

$$\begin{aligned} R_{TB} &= \frac{\Delta P_{k\theta} \cdot U_n^2}{S_n^2} \cdot 10^3; \\ R_{TC} &= \frac{\Delta P_{kc} \cdot U_n^2}{S_n^2} \cdot 10^3; \\ R_{TH} &= \frac{\Delta P_{kn} \cdot U_n^2}{S_n^2} \cdot 10^3. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Реактивные сопротивления обмоток рассчитываются по приведенным в каталожных данных трем значениям напряжения короткого замыкания: $u_{k\theta-c}, \%$, $u_{k\theta-n}, \%$, $u_{kc-n}, \%$. Расчет ведется в следующей последовательности.

Определяются напряжения короткого замыкания каждой обмотки:

$$\begin{aligned}
u_{kB} &= 0,5(u_{kB-C} + u_{kB-H} - u_{kC-H}); \\
u_{kC} &= 0,5(u_{kB-C} + u_{kC-H} - u_{kB-H}); \\
u_{kH} &= 0,5(u_{kB-H} + u_{kC-H} - u_{kB-C})
\end{aligned}
\tag{2.15}$$

Сопротивления каждой обмотки определяются:

$$\begin{aligned}
X_{TB} &= \frac{u_{kB} \cdot U_n^2}{S_n} \cdot 10^3; \\
X_{TC} &= \frac{u_{kC} \cdot U_n^2}{S_n} \cdot 10^3; \\
X_{TH} &= \frac{u_{kH} \cdot U_n^2}{S_n} \cdot 10^3.
\end{aligned}
\tag{2.16}$$

Автотрансформаторы имеют такую же схему замещения, как и трехобмоточные трансформаторы. Поэтому расчет реактивных сопротивлений обмоток автотрансформатора полностью идентичен трехобмоточному трансформатору.

2.4 Контрольные вопросы

Вариант 1

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

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

Вариант 2

1 Какие существуют источники реактивной мощности в электрических сетях?

2 В чем заключается сущность метода «расщепления сети»?

Вариант 3

1 Как проводится расчет линий с двухсторонним питанием?

2 Какие существуют показатели качества электроэнергии?

Вариант 4

1 В чем заключается сущность первичного регулирования частоты?

2 Какие причины могут вызвать несимметрию напряжения?

Вариант 5

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

2 Как определяются потери мощности и энергии в линиях?

Вариант 6

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

2 Какие существуют способы и средства регулирования напряжения в сети?

Вариант 7

1 Как рассчитывается кольцевая сеть, имеющая две точки потокоораздела?

2 Как проводится выбор сечений проводов в электрических сетях?

Вариант 8

1 Как определяется величина ущерба от перерывов электроснабжения потребителей?

2 Приведите алгоритм расчета районной электрической сети по «данным начала»?

Вариант 9

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

2 Какие существуют способы повышения пропускной способности протяженных электропередач?

Вариант 10

1 Как производится выбор ответвлений трансформаторов с РПН?

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 6. Напряжение источников питания принять равными $U_a = U_b = 115$ кВ. Исходные данные приведены в таблице 5.

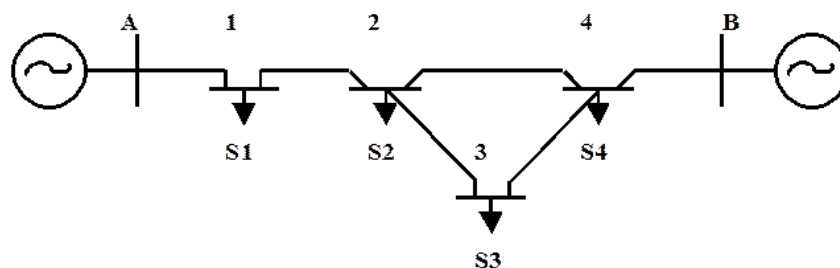


Рисунок 6 - Расчетная схема сети

Таблица 5 – Варианты заданий для выполнения РГР

№ вар	Исходные данные 1 группы				Исходные данные 2 группы				Исходные данные 3 группы		
	Нагрузка подстанций, МВА				$\cos \varphi$	Длина участков, км			Длина участков, км		
	S_1	S_2	S_3	S_4		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	20	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 7).

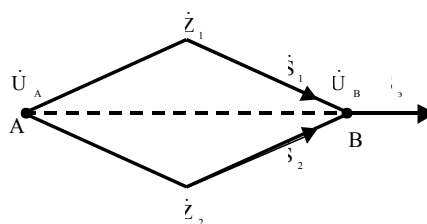


Рисунок 7 - Эквивалентирование параллельных линий

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

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 8).

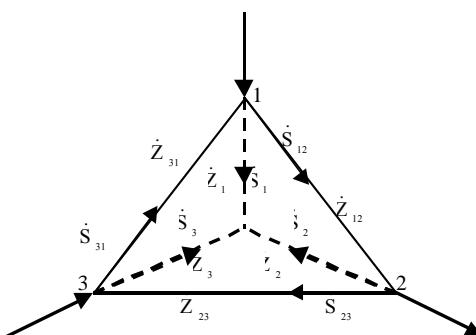


Рисунок 8 – Преобразование треугольника в звезду

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:

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

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 условия находится распределение мощностей в сети.

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

$$\Delta P_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} R_n ;$$

$$\Delta Q_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} X_n . \quad (3.3)$$

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:

$$U_1 = \sqrt{(U_A - \Delta U_1)^2 + \delta U_1^2} . \quad (3.8)$$

Аналогично определяются напряжения в других узловых точках сети.

3.3 Контрольные вопросы

Вариант 1

- 1 Приведите порядок расчета районной сети по «данным конца».
- 2 Как определяются потери мощности и энергии в трансформаторах и автотрансформаторах?

Вариант 2

1 Какие существуют источники реактивной мощности в электрических сетях?

2 В чем заключается сущность метода «расщепления сети»?

Вариант 3

1 Как проводится расчет линий с двухсторонним питанием?

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

Вариант 4

1 В чем заключается сущность первичного регулирования частоты ?

2 Какие причины могут вызвать несимметрию напряжения ?

Вариант 5

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

2 Как определяются потери мощности и энергии в линиях?

Вариант 6

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

2 Какие существуют способы и средства регулирования напряжения в сети ?

Вариант 7

1 Как рассчитывается кольцевая сеть, имеющая две точки потокораздела?

2 Как проводится выбор сечений проводов в электрических сетях?

Вариант 8

1 Как определяется величина ущерба от перерывов электроснабжения потребителей ?

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

Вариант 9

1 Кратко охарактеризуйте основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии в сети

2 Какие существуют способы повышения пропускной способности протяженных электропередач?

Вариант 10

1 Как производится выбор ответвлений трансформаторов с РПН ?

2 Как осуществляется вторичное регулирование частоты?

4 Расчетно-графическая работа №3

4.1 Условие задачи

Районная подстанция «Б» с двумя трансформаторами питается по двум параллельным линиям от электростанции «А» (рисунок 9). 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.

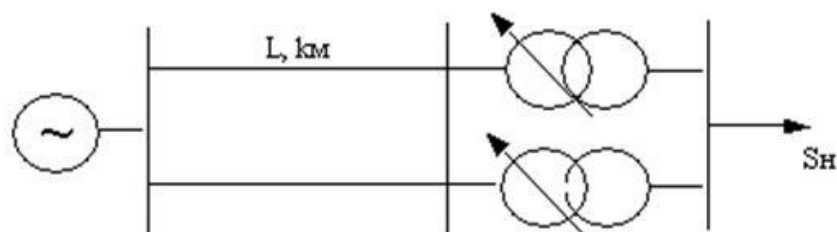


Рисунок 9 – Расчетная схема сети

Таблица 6 – Варианты заданий для выполнения РГР

№ вар	Исходные данные 1 группы		Исходные данные 2 группы		Исходные данные 3 группы		
	Тип трансф-ра и автотранс-ра	Мощность нагрузки, МВА	Номинальный коэфт-т трансформации	Длина линии L, км	Марка провода	$U_{A \max}$ кВ	$U_{A \min}$ кВ
I	ТРДН-40000/110	15	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	ТРДН25000/110	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 70/11	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

$$k_{T.ж} = \frac{U_1 - \Delta U_T}{U_{2ж}}, \quad (4.3)$$

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 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 осуществляется регулирование напряжения изменением параметров сети?

Вариант 6

1 Кратко охарактеризуйте методы расчета замкнутых электрических сетей.

2 Как проводится выбор сечений проводов и кабелей по нагреву?

Вариант 7

1 Как влияет качество электроэнергии на работу электроприемников?

2 Как проводится выбор номинального напряжения сети?

Вариант 8

1 Регулирование напряжения в сети изменением коэффициента трансформации трансформаторов.

2 Как выбирается сечение проводов и кабелей по экономической плотности тока?

Вариант 9

1 Как выбирается сечение проводов и кабелей по допустимой потере напряжения?

2 Из каких составляющих складывается баланс реактивных мощностей?

Вариант 10

1 Как проводится расчет сети нескольких номинальных напряжений?

2 Какие составляющие включают в себя ежегодные издержки на эксплуатацию сети?

Список литературы

- 1 Лыкин.А.В. Электрические системы и сети. - Москва. Люкс. 2007.
- 2 Герасименко А.А. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – Ростов-на Дону: Феникс, 2006.-720 с.
- 3 Соколов С.Е., Сажин В.Н., Генбач Н.А. Электрические сети и системы. Конспект лекций. – АУЭС, 2015.
- 4 Оржанова Ж.К., Утешкалиева Л.Ш.Электрические сети и системы. Сборник задач к практическим занятиям для студентов специальности 5В071800-Электроэнергетика. – АУЭС, 2017.

Содержание

1 Общие положения.....	3
2 Расчетно-графическая работа №1.....	4
3 Расчетно-графическая работа №2.....	11
4 Расчетно-графическая работа №3.....	15
Список литературы.....	20

Жанар Керимбековна Оржанова
Наталья Алексеевна Генбач

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

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

Редактор Л.Т.Сластикова
Специалист по стандартизации Н.К.Молдабекова

Подписано в печать «___»___2018г
Тираж 15 экз
Объем 1,125уч.изд.л

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская
Заказ №__ Цена 570 тенге

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