

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Курганский государственный университет

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Методические указания и задания к контрольной работе по курсу
«Электроэнергетические системы и электрические сети»
для студентов заочного обучения направления 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»
(профиль «Электроснабжение»)

г. Курган 2015

Кафедра: «Энергетики и технология металлов»

Дисциплина: «Электроэнергетические системы и электрические сети», направление
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение»)

Составили: доцент, канд. техн. наук В.И. Мошкин, ассистент Д.В. Семакин

Утверждены на заседании кафедры 30 августа 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета
«__»_____ 2015 г.

Введение

Учебным планом по дисциплине «Электроэнергетические системы и электрические сети» предусмотрена одна контрольная работа. Задачи контрольной работы имеют 50 вариантов, отличающихся друг от друга схемами и числовыми значениями данных величин. Вариант, подлежащий решению, определяется двумя последними цифрами номера зачетной книжки по методике, представленной ниже.

1.1 Каждая работа должна выполняться в формате А4, на титульном листе должны быть указаны Ф.И.О. студента, его шифр и вариант задания. При оформлении следует пользоваться положениями ГОСТ 7.32-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования к текстовым документам». Условие задачи должно быть сформулировано достаточно полно и четко.

1.2 Основные положения решения должны иметь объяснения. Решение должно иллюстрироваться схемами и графиками.

1.3 Графическая часть работы (электрические схемы) должна быть выполнена аккуратно с помощью чертежного инструмента или с помощью графических редакторов на компьютере с соблюдением ГОСТ 2.722-68 -2.755-74 на условные графические обозначения элементов схем. Графики и диаграммы должны выполняться с обязательным соблюдением масштаба. Его следует выбирать так, чтобы на 1 см длины приходилось $1 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$ или $5 \cdot 10^n$ единиц измерения физической величины, где $n = 0, 1, 2, \dots$. Градуировка осей должна выполняться, начиная с нуля, равномерно. Числовые значения координат точек, по которым строятся кривые, приводить не следует.

1.4 Должен выдерживаться следующий порядок записей при вычислениях: сначала записывается формула, затем подставляются числовые значения величин, входящих в формулу, без каких-либо преобразований, затем - результат с указанием единиц измерения. Вычисления следует вести с точностью до 3-4 значащих цифр.

1.5 Контрольная работа должна содержать список литературы, использованной при работе над заданием, дату и подпись студента.

1.6 Контрольная работа, выполненная не по варианту, а также оформленная неаккуратно и написанная неразборчиво, не рецензируется.

1.7 После рецензирования все исправления в работу вносятся студентом рукописно.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Задачи выполняются по исходным данным, набор которых зависит от номера варианта (см. таблицы). Номер варианта определяется по **двум последним цифрам** шифра зачетной книжки. Для каждой задачи имеется набор исходных данных в пятидесяти вариантах. Поэтому, если последние две цифры шифра дают число, большее 50, то вариант находят таким образом: номер варианта равен числу из двух последних цифр шифра зачетной книжки минус 50. Например, числу из двух последних цифр шифра зачетки 75 соответствует вариант $(75 - 50) = 25$.

Для решения задач используются рекомендованная литература [1-6], справочник [7], имеется справочное приложение.

Задача 1

Выполняется для пяти схем (рис. 1), каждая схема используется для десяти вариантов (две последние цифры шифра). Задача 1 позволяет изучить влияние режима потребления на качество электрической энергии.

В соответствии с исходными данными к задаче (см. табл. 1) составить расчетную схему сети с указанием конкретных мощностей нагрузок, номинальных напряжений.

Требуется: 1) выбрать трансформаторы в соответствии с заданной нагрузкой; 2) подсчитать в них потери мощности и напряжения; 3) выбрать сечение линии районного значения с учетом потерь мощности; 4) в режимах максимальном, минимальном и послеаварийном произвести регулирование напряжения выбором ответвлений трансформаторов; 5) определить целесообразность уменьшения числа работающих трансформаторов в минимальном режиме.

Указание: напряжение в точке А задано, напряжения низшей и средней шин трансформаторов принять по их паспортным данным.

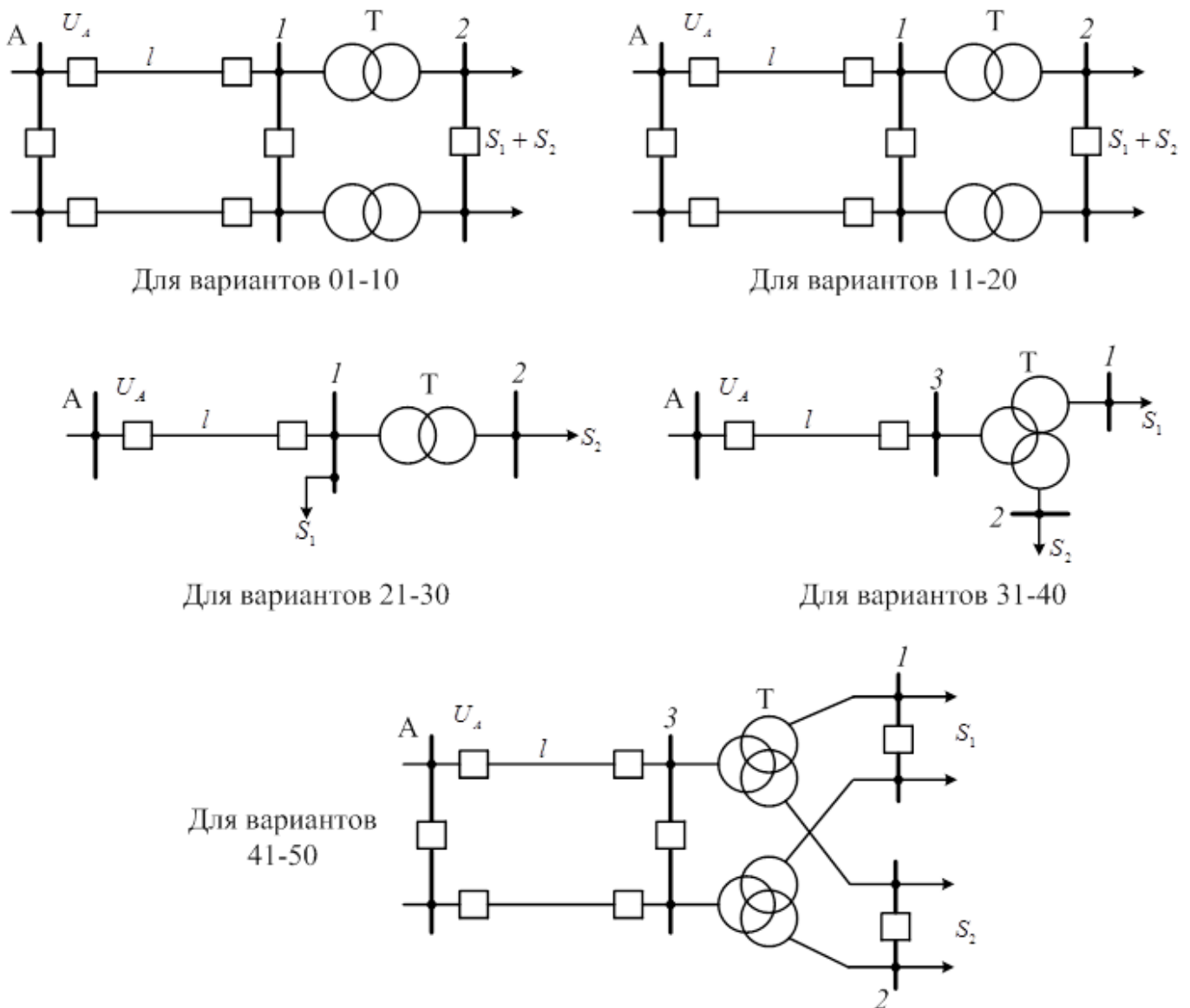


Рис. 1 Схемы к задаче 1

Таблица 1 – Исходные задания к задаче 1 (рис. 1)

Шифр	$S_{1,max}$, МВ·А	$\cos \varphi_1$ (max)	$S_{2,max}$, МВ·А	$\cos \varphi_2$ (max)	U_A , кВ	l , км	T_M , ч/год	$S_{1,min}$, МВ·А	$\cos \varphi_1$ (min)	$S_{2,min}$, МВ·А	$\cos \varphi_2$ (min)	U_A , (min) кВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	10	0,9	4,2	0,87	36,75	10	3000	8	0,83	2,1	0,82	35,5
2	8	0,87	14	0,9	36,75	25	3500	4	0,82	7	0,85	35,5
3	6	0,95	15	0,87	36,75	15	3500	3	0,8	7,5	0,82	35,5
4	12	0,9	15	0,87	35,5	12	3000	6	0,85	7,5	0,82	35,5
5	8	0,89	14	0,9	35,5	30	4000	4	0,84	7	0,85	35,5
6	20	0,9	8	0,86	115	60	4800	10	0,85	4	0,8	110
7	50	0,89	25	0,87	110,6	50	5000	25	0,81	12,5	0,82	110
8	10	0,9	13	0,85	115,5	90	6000	5	0,85	6,5	0,8	110
9	12	0,85	14	0,9	112	80	5000	6	0,8	7	0,85	110
10	15	0,9	20	0,87	115,5	100	6500	7,5	0,85	10	0,82	110
11	20	0,9	10	0,88	115,5	80	5500	10	0,85	5	0,83	112
12	10	0,9	4	0,92	35,5	15	4000	5	0,85	2	0,87	35
13	14	0,9	20	0,92	112	60	4500	7	0,85	10	0,82	110
14	11	0,87	4	0,9	35	14	3500	5,5	0,82	2	0,45	35
15	18	0,9	7	0,87	110	50	4500	9	0,85	3,5	0,82	110
16	14	0,9	15	0,87	110	90	4000	7	0,85	7,5	0,82	110
17	22	0,87	14	0,9	115	55	5000	11	0,82	7	0,85	112
18	12	0,88	8	0,9	35,5	14	5600	6	0,44	4	0,85	35
19	9	0,9	8	0,88	36,75	10	4700	4,5	0,85	4	0,83	35,5
20	50	0,9	20	0,88	115,5	40	4000	25	0,85	10	0,83	112
21	5,6	0,9	10	0,92	35,5	20	7000	2,8	0,85	5	0,87	35
22	6	0,9	11,2	0,92	36,75	15	5500	3	0,85	5,6	0,87	35,5
23	20	0,9	12	0,92	115,5	80	6500	10	0,85	6	0,87	112
24	12	0,92	28	0,88	110	80	6000	6	0,87	14	0,83	110
25	12	0,92	9	0,9	35	15	3500	6	0,87	4,5	0,85	35
26	10	0,9	30	0,87	115,5	50	7000	5	0,85	15	0,82	112
27	5	0,9	17	0,87	36,75	15	7500	2,5	0,85	8,5	0,82	35,5
28	20	0,87	5	0,9	110	90	6000	10	0,82	2,5	0,85	110
29	12	0,92	27	0,9	115,5	80	5000	6	0,87	13,5	0,85	112
30	6	0,92	10	0,9	36,75	15	5500	3	0,87	5	0,85	35,5
31	2,5	0,92	2,5	0,9	35,5	15	6500	1,3	0,87	1,3	0,85	35
32	7	0,87	6	0,92	110	50	3200	3,5	0,82	3	0,87	110
33	7	0,9	5	0,92	36,7	20	4300	3,5	0,87	2,5	0,87	35,5
34	8	0,9	8	0,92	115	60	4800	4	0,85	4	0,87	112
35	6	0,87	6	0,9	35,5	17	5000	3	0,82	3	0,85	35
36	14	0,87	15	0,87	115	70	3000	7	0,82	7,5	0,82	112
37	6	0,87	7	0,92	36,7	18	7200	3	0,82	3,5	0,87	35,5
38	13	0,9	14	0,92	112	80	6800	6,5	0,85	7	0,87	110
39	7	0,92	7	0,9	35,5	12	5700	3,5	0,87	3,5	0,85	35
40	8	0,87	9	0,92	110	50	7800	4	0,82	4,5	0,87	110
41	27	0,92	30	0,9	115	80	6800	13,5	0,87	15	0,85	112
42	28	0,87	27	0,92	112	90	5800	14	0,82	13,5	0,87	110
43	11	0,92	12	0,9	36,75	18	5250	5,5	0,87	6	0,85	35,5
44	17	0,9	18	0,87	110	60	6320	8,5	0,85	9	0,82	110
45	7	0,87	8	0,92	35,5	16	7100	3,5	0,82	4	0,87	35
46	6,5	0,87	7,5	0,92	112	70	6300	3,3	0,82	3,8	0,87	110
47	3	0,92	3	0,9	36,75	15	4600	1,5	0,87	1,5	0,85	35,5
48	8,5	0,87	8,5	0,9	115	90	5200	4,3	0,82	4,3	0,85	112
49	10	0,87	11	0,9	35,5	14	3800	5	0,82	5,5	0,85	35
50	27	0,92	30	0,9	115	100	4000	13,5	0,87	15	0,85	112

Задача 2

Выполняется для пяти расчетных схем линий местного значения (рис. 2-6). Каждая схема рассчитывается в 10 вариантах. Вариантам 01–10 соответствует схема рис.2; вариантам 11–20 соответствует схема рис.3; вариантам 21–30 соответствует схема рис.4; вариантам 31–40 соответствует схема рис.5; вариантам 41–50 соответствует схема рис.6.

Требуется: 1) рассчитать потокораспределение на участках сети;

2) определить рекомендованным (*основным*) методом сечение магистрали линии и ответвлений (табл. 2 – 6);

3) проверить выбранное сечение по показателям качества электрической энергии у потребителей согласно ГОСТ Р 54149-2010;

4) сравнить результаты расчета с расчетом другим рекомендованным (*проверочным*) методом (табл. 2 – 6), решить вопрос о целесообразности применения одного или другого метода.

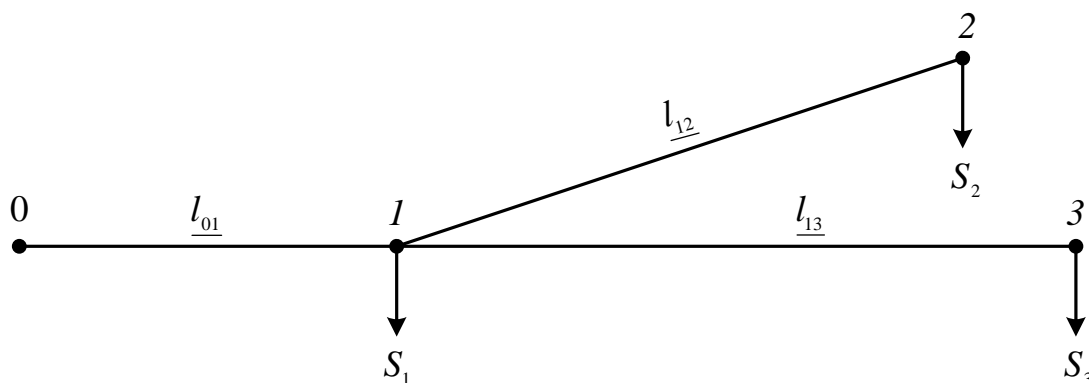


Рис. 2 – Варианты 01-10

Таблица 2 – Исходные данные к схеме (рис. 2)

Шифр	T_m , ч/год	l_{01} , км	l_{12} , км	l_{13} , км	S_1 , кВ·А	S_2 , кВ·А	S_3 , кВ·А	$\cos \varphi_1$	$\cos \varphi_2$	$\cos \varphi_3$	$U_{ном}$, кВ	$\Delta U_{доп}$, %	Метод расчета	
													основной	проверочный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3500	0,1	0,1	0,2	5	3	6	0,86	0,82	0,87	0,4	10	$\Delta U_{доп}$	$V_{мин}$
2	3000	0,3	0,3	0,1	1	4	3	0,82	0,87	0,88	0,4	12	$S_{ЭК}(I_{ЭК})$	$\Delta U_{доп}$
3	5000	0,2	0,1	0,2	4	5	3	0,8	0,92	0,9	0,4	8	$\Delta U_{доп}$	$S_{ЭК}(I_{ЭК})$
4	4000	5	3	4	2000	500	300	0,9	0,82	0,9	10	10	$S_{ЭК}(I_{ЭК})$	$\Delta U_{доп}$
5	3000	4	3	5	1000	800	200	0,82	0,9	0,92	10	12	$V_{мин}$	$\Delta U_{доп}$
6	6000	4	4	3	800	500	200	0,82	0,82	0,82	10	10	$j_{\Delta p}$	$S_{ЭК}(I_{ЭК})$
7	5000	3	4	5	900	600	300	0,9	0,92	0,9	10	12	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{доп}$
8	3500	2	2	3	700	900	500	0,82	0,9	0,92	6	8	$\Delta U_{доп}$	$V_{мин}$
9	6000	3	2	1	600	500	900	0,9	0,9	0,8	6	9	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{доп}$
10	4500	2	2	3	700	800	800	0,8	0,9	0,8	6	10	$\Delta U_{доп}$	$j_{\Delta p}$

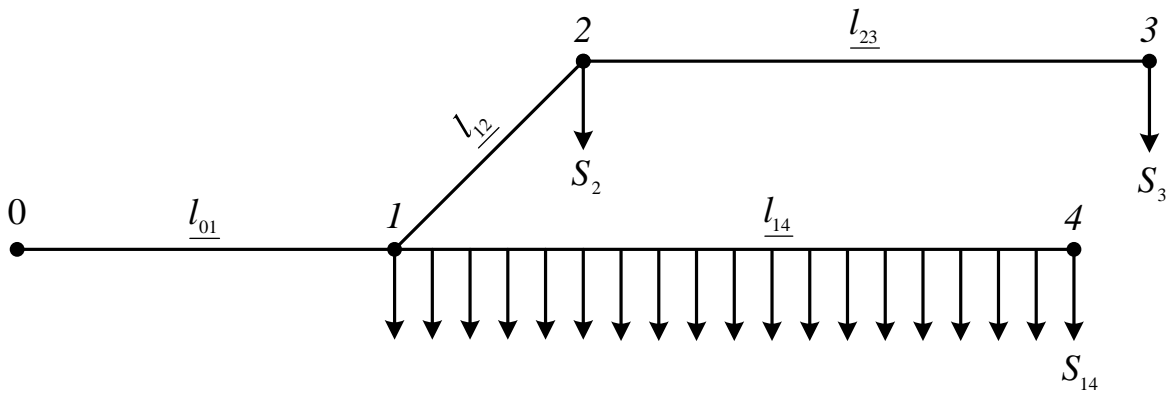


Рис. 3 - Варианты 11-20

Таблица 3 – Исходные данные к схеме (рис. 3)

Шифр	T_M , ч/год	l_{01} , км	l_{12} , км	l_{13} , км	l_{23} , км	S_2 , кВ·А	S_3 , кВ·А	S_{14} , кВ·А/ км	$\cos \varphi_2$	$\cos \varphi_3$	$\cos \varphi_{14}$	U_H , кВ	$\Delta U_{доп}$, %	Метод расчета	
														основной	проверочный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11	3500	2	0,5	0,4	0,3	3	2	0,9	0,9	0,8	1	0,4	10	$\Delta U_{доп}$	$S_{ЭК}$
12	6000	0,2	0,2	0,5	0,3	5	4	1,5	0,87	0,9	1	0,4	12	$S_{ЭК}$	$V_{мин}$
13	5000	0,2	0,1	0,6	0,2	4	5	2,5	0,92	0,9	1	0,4	8	$S_{ЭК}$	$\Delta U_{доп}$
14	4000	3	3	2	1	1000	600	1000	0,82	0,9	1	10	10	$j_{Др}$	$S_{ЭК}$
15	3000	4	3	2	2	1500	700	500	0,92	0,87	1	10	12	$\Delta U_{доп}$	$V_{мин}$
16	6000	4	4	3	1	800	500	500	0,9	0,87	1	10	10	$j_{Др}$	$\Delta U_{доп}$
17	5000	3	4	4	2	900	700	500	0,92	0,9	1	10	12	$j_{Др}$	$S_{ЭК}$
18	3500	2	2	3	1	700	900	900	0,9	0,87	1	6	8	$\Delta U_{доп}$	$V_{мин}$
19	6000	3	2	1	2	600	600	500	0,87	0,92	1	6	9	$j_{Др}$	$S_{ЭК}$
20	4500	2	2	3	1	700	600	700	0,92	0,87	1	6	10	$S_{ЭК}$	$j_{Др}$

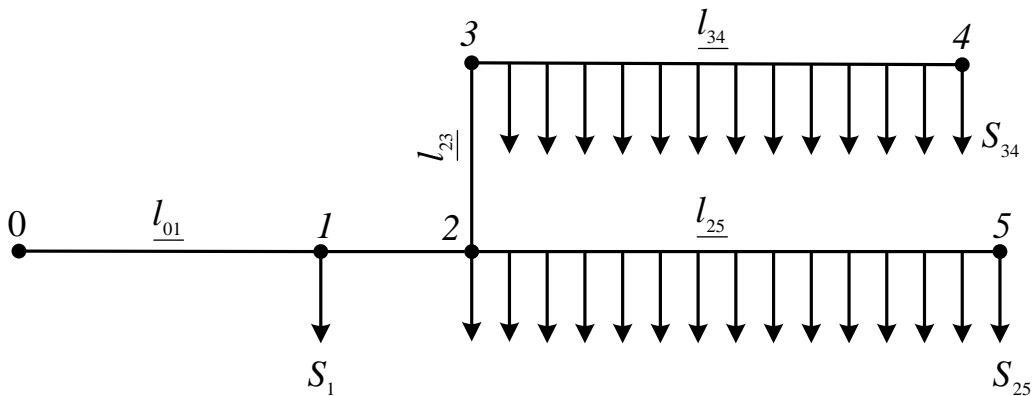


Рис. 4 – Варианты 21-30

Таблица 4 – Исходные данные к схеме (рис. 4)

Шифр	T_M , ч/год	l_{01} , км	l_{12} , км	l_{23} , км	l_{25} , км	l_{34} , км	S_1 , кВ·А/ км	S_{34} , кВ·А/ км	S_{25} , кВ·А/ км	$\cos \varphi_1$	$\cos \varphi_{34}$	$\cos \varphi_{25}$	U_H , кВ	$\Delta U_{\text{доп}}$, %	Метод расчета	
															основной	проверочный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
21	3500	2	0,5	0,5	0,4	0,5	3	2	5	0,87	1	1	0,4	10	$\Delta U_{\text{доп}}$	$S_{\text{ЭК}}$
22	6000	1	1	0,6	0,6	0,4	2	5	5	0,92	1	1	0,4	12	$S_{\text{ЭК}}$	$j_{\Delta p}$
23	5000	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	2	4	6	0,87	1	1	0,4	8	$j_{\Delta p}$	$S_{\text{ЭК}}$
24	4000	4	2	1	3	4	1000	100	500	0,92	1	1	10	10	$\Delta U_{\text{доп}}$	$S_{\text{ЭК}}$
25	3000	3	4	4	3	3	800	400	500	0,87	1	1	10	12	$\Delta U_{\text{доп}}$	$V_{\text{мин}}$
26	6000	2	3	3	4	4	700	500	600	0,91	1	1	10	10	$j_{\Delta p}$	$S_{\text{ЭК}}$
27	5000	3	4	3	4	3	900	400	600	0,87	1	1	10	12	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{\text{доп}}$
28	3500	2	2	2	3	3	600	500	400	0,92	1	1	6	8	$\Delta U_{\text{доп}}$	$S_{\text{ЭК}}$
29	6000	2	1	1	1	1,5	700	800	700	0,87	1	1	6	9	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{\text{доп}}$
30	4500	2	3	2	2,5	3	800	400	600	0,92	1	1	6	10	$\Delta U_{\text{доп}}$	$j_{\Delta p}$

Указание: для схем 1-3 магистралью считать наиболее нагруженную часть линии, например l_{01} , l_{12} , l_{23} , l_{34} (шифр 28).

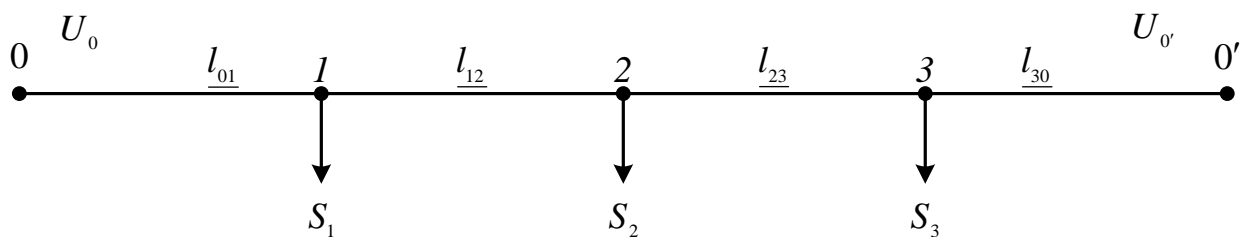


Рис. 5 – Варианты 31-40

Таблица 5 – Исходные данные к схеме (рис. 5)

Шифр	T_M , ч/год	l_{01} , км	l_{12} , км	l_{23} , км	l_{30} , км	S_1 , кВ·А	S_2 , кВ·А	S_3 , кВ·А	$\cos \varphi_1$	$\cos \varphi_2$	$\cos \varphi_3$	U_H , кВ	$\Delta U_{\text{доп}}$, %	Метод расчета	
														основной	проверочный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
31	3500	0,3	0,2	0,1	0,4	5	3	2	0,85	0,82	0,87	0,4	5	$\Delta U_{\text{доп}}$	$V_{\text{мин}}$
32	6000	0,2	0,3	0,4	0,1	6	4	3	0,87	0,88	0,92	0,4	4	$S_{\text{ЭК}}$	$\Delta U_{\text{доп}}$
33	5000	0,1	0,3	0,3	0,4	4	5	3	0,8	0,92	0,9	0,4	3	$S_{\text{ЭК}}$	$\Delta U_{\text{доп}}$
34	4000	0,3	0,4	0,2	0,4	3	5	2	0,85	0,82	0,87	0,4	4	$\Delta U_{\text{доп}}$	$S_{\text{ЭК}}$
35	3000	4	3	5	2	1200	1500	2000	0,87	0,92	0,9	10	6	$\Delta U_{\text{доп}}$	$V_{\text{мин}}$
36	6000	3	5	4	3	1500	700	2500	0,92	0,87	0,9	10	5	$j_{\Delta p}$	$S_{\text{ЭК}}$
37	5000	4	5	5	3	700	800	600	0,87	0,82	0,85	10	6	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{\text{доп}}$
38	3500	5	3	3	4	700	600	900	0,87	0,82	0,87	6	7	$V_{\text{мин}}$	$S_{\text{ЭК}}$
39	6000	4	2	2	1	1000	900	2000	0,92	0,87	0,85	6	6	$S_{\text{ЭК}}$	$\Delta U_{\text{доп}}$
40	4500	3	3	4	2	900	1000	1500	0,87	0,92	0,82	6	4	$\Delta U_{\text{доп}}$	$S_{\text{ЭК}}$

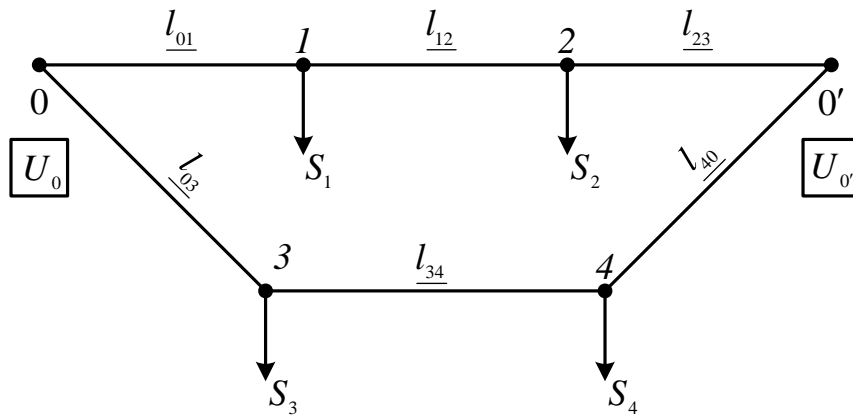


Рис. 6 – Варианты 41-50

Таблица 6 – Исходные данные к схеме (рис. 6)

Шифр	T_m , ч/год	l_{01} , км	l_{12} , км	l_{20} , км	l_{03} , км	l_{34} , км	l_{40} , км	S_1 , МВ·А	S_2 , МВ·А	S_3 , МВ·А	S_4 , МВ·А	U_H , кВ	$\Delta U_{доп}$, %	Метод расчета	
								$\cos \varphi_1$	$\cos \varphi_2$	$\cos \varphi_3$	$\cos \varphi_4$			основной	проверочный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
41	3500	0,3	0,4	0,2	0,4	0,6	0,3	0,05	0,04	0,06	0,03	0,4	4	$\Delta U_{доп}$	$V_{мин}$
								0,82	0,92	0,87	0,9				
42	6000	0,4	0,6	0,3	0,2	0,8	0,3	0,06	0,03	0,04	0,05	0,4	6	$j_{\Delta p}$	$S_{эк}$
								0,87	0,9	0,85	0,9				
43	5000	0,5	0,5	0,5	0,2	0,6	0,2	0,04	0,05	0,04	0,07	0,4	5	$S_{эк}$	$\Delta U_{доп}$
								0,89	0,9	0,87	0,87				
44	4000	3	1	4	2	6	2	4,0	3,0	2,0	2,5	10	6	$\Delta U_{доп}$	$V_{мин}$
								0,9	0,87	0,92	0,87				
45	3000	4	5	5	3	7	4	0,5	1,0	0,8	0,9	10	7	$V_{мин}$	$\Delta U_{доп}$
								0,87	0,85	0,85	0,9				
46	6000	3	5	2	1,5	7	1	2,0	3,0	4,0	3,5	10	5	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{доп}$
								0,87	0,85	0,87	0,92				
47	5000	4	3	3	3	7	3	0,9	1,0	0,6	0,8	10	6	$j_{\Delta p}$	$S_{эк}$
								0,87	0,85	0,87	0,92				
48	3500	5	2	7	5	4	4	1,0	0,9	0,8	0,6	10	7	$V_{мин}$	$\Delta U_{доп}$
								0,87	0,85	0,87	0,87				
49	6000	5	3	4	3	6	1	1,5	2,0	2,5	1,8	6	8	$j_{\Delta p}$	$\Delta U_{доп}$
								0,9	0,92	0,9	0,92				
50	4500	2	3	1	5	3	4	1,0	0,8	1,5	1,0	6	8	$j_{\Delta p}$	$V_{мин}$
								0,92	0,87	0,87	0,86				

Таблица П1 – Расчётные данные сталеалюминевых проводов марок АС, АСКО, АСКП** и АСК** по ГОСТ 839-80

Номинальные сечения, мм ² (алюминий/ сталь)	Сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км не более	Сечение проводов, мм ²			Диаметр провода, мм	Номинальные сечения, мм ² (алюминий/ сталь)	Сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км не более	Сечение проводов, мм ²			Диаметр провода, мм
		алюминевых	стальных					алюминевых	стальных		
35/6,2	0,773	36,9	6,15	8,4	300/39	0,096	301	38,6	24,0		
50/8	0,592	48,2	8,04	9,6	300/48	0,098	295	47,8	24,1		
70/11	0,420	68,0	11,30	14	300/66	0,100	288	65,8	24,5		
95/16	0,299	95,4	15,90	3,5	300/27	0,089	325	26,6	24,4		
96/15	0,314	91,7	15,00	3,5	330/43	0,087	332	43,1	25,2		
95/141	0,316	91,2	141,0	9,8	400/22	0,073	394	22,0	26,6		
120/19	0,245	118	18,8	5,2	400/51	0,073	394	51,1	27,5		
150/19	0,195	148	18,3	6,8	400/93	0,071	406	93,2	29,1		
150/24	0,194	149	24,2	7,1	450/50	0,067	434	56,3	28,8		
150/34	0,196	147	34,3	7,5	500/27	0,060	481	26,6	29,4		
185/24	0,154	187	24,2	8,9	500/64	0,059	490	63,5	30,6		
186/29	0,159	181	29,0	8,8	600/336	0,059	490	336,0	30,5		
185/43	0,156	185	43,1	9,6	550/71	0,053	549	71,2	32,4		
185/128	0,156	187	128,0	23,1	600/72	0,050	580	72,2	33,2		
206/27	0,140	205	26,6	19,8	650/79	0,046	634	78,9	34,7		
240/32	0,118	244	31,7	21,6	700/86	0,042	687	85,9	36,2		
240/39	0,122	236	38,6	21,6	750/93	0,039	748	93,2	37,7		
240/56	0,120	241	56,3	22,4	800/105	0,035	821	105,0	39,7		

Таблица П2 – Погонное индуктивное сопротивление проводов, Ом/км

Среднегеометрическое между проводами, м	Сечение проводов, мм ²									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	
0,4	0,333	0,319	0,308	0,297	0,283	0,274	—	—	—	—
0,6	0,358	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287	0,280	—
0,8	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305	0,298	—
1	0,391	0,377	0,366	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319	0,313	—
1,25	0,405	0,391	0,380	0,369	0,355	0,346	0,338	0,333	0,327	—
1,5	0,416	0,402	0,391	0,380	0,366	0,357	0,349	0,344	0,338	—
20	0,435	0,421	0,410	0,398	0,385	0,376	0,358	0,363	0,357	—
2,5	0,449	0,435	0,424	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371	—
3,0	0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382	—
3,5	—	—	0,445	0,433	0,420	0,411	0,403	0,398	0,384	—
4,0	—	—	—	—	0,428	0,419	0,411	0,406	0,400	—
4,5	—	—	—	—	0,435	0,426	0,418	0,413	0,407	—
5,0	—	—	—	—	0,442	0,433	0,425	0,420	0,414	—
5,5	—	—	—	—	—	—	0,431	0,426	0,420	—

Таблица П3 – Расчётные данные на 100 км воздушных ЛЭП напряжением 35-150 кВ со сталеалюминевыми проводами

Сечение жилы, мм ²	Активное сопротивление R _{уд} (Ом) при +20 °С	Индуктивное сопротивление X _{уд} (Ом), проводимость B _{уд} (См · 10 ⁻⁴) и реактивная мощность Q _{уд} (Мвар) при напряжении, кВ								
		35			110			150		
		X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}	X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}	X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}
35	77,3	44,5	2,89	—	—	—	—	—	—	—
50	59,2	43,3	2,65	—	—	—	—	—	—	—
70	42,0	42,0	2,73	—	—	—	—	—	—	—
95	31,4	41,1	2,81	42,9	2,65	3,50	—	—	—	—
120	24,9	40,3	2,85	42,3	2,69	3,60	43,9	2,61	6,5	—
150	19,5	39,8	2,90	41,6	2,74	3,65	43,2	2,67	6,7	—
185	15,6	38,4	2,96	40,9	2,82	3,70	42,4	2,71	6,8	—
240	12,0	—	—	40,1	2,85	3,75	41,6	2,75	6,9	—

Таблица П4 – Расчётные данные на 100 км воздушных ЛЭП, напряжением 220-750 кВ со сталеалюминевыми проводами

Сечение жилы, мм ²	Число проводов в фазе	Активное сопротивление R _{уд} (Ом) при +20 °С	Индуктивные данные x _{уд} (Ом), проводимость b _{уд} (См · 10 ⁻⁴) и реактивная мощность Q _{уд} (Мвар) при напряжении, кВ											
			220			330			500			750		
			X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}	X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}	X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}	X _{уд}	B _{уд}	Q _{уд}
240	1	12	43	2,7	14,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	6	—	—	—	32,8	3,44	41,7	—	—	—	—	—	—
300	1	9,8	42,2	2,71	14,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	4,9	—	—	—	32,5	3,47	42,0	—	—	—	—	—	—
330	3	2,9	—	—	—	—	—	—	29,9	3,74	93,5	—	—	—
400	1	7,3	41,4	2,73	14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	3,7	—	—	—	32,1	3,52	42,7	—	—	—	—	—	—
	3	2,4	—	—	—	—	—	—	29,8	3,76	94,0	—	—	—
	4	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,0	3,99	224

Таблица П5 – Потери на корону в воздушных ЛЭП напряжением 220-500 кВ

Сечение жилы, мм ²	Число проводов в фазе	Напряженность поля, кВ/см	$\Delta \mathcal{E}_{\max}$, кВт·ч/км	$\Delta \mathcal{E}_{\min}$, кВт·ч/км	ΔP_{\max} , кВт·ч/км	ΔP_{\min} , кВт·ч/км
<i>220 кВ ($a_{cp} = 40$ см; $D_{cp} = 7$ м)</i>						
240	1	25,2	23700	10100	2,7	1,2
300	1	23,5	17600	7250	2,0	0,8
400	1	20,7	9150	3330	1,0	0,4
500	1	19,0	6150	2390	0,7	0,3
<i>330 кВ ($a_{cp} = 40$ см; $D_{cp} = 11$ м)</i>						
240	2	25,7	55000	23700	6,3	2,7
300	2	23,9	40100	16400	4,6	1,9
400	2	21,2	22200	8600	2,5	1,0
500	2	19,3	13700	4780	1,6	0,5
<i>550 кВ ($a_{cp} = 40$ см; $D_{cp} = 14$ м)</i>						
330	3	25,4	101000	73200	11,5	4,9
400	3	24,0	107000	46000	12,2	5,2
500	3	21,8	65600	26600	7,5	3,0

Таблица П6 – Трёхфазные двухобмоточные трансформаторы 220 кВ

Мощность $S_{\text{ном. тр.}}$ МВ·А	Тип	Пределы регулирования напряжения, %	Каталожные данные						Расчётные данные			
			$U_{\text{ном.}}$, кВ		u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	$R_{\text{тр.}}$, Ом	$X_{\text{тр.}}$, Ом	ΔQ_x , квар	
			ВН	НН								
32	ТРДН-32000/220	$\pm 8 \times 1,5$	230	6,6/6,6	12	167	53	0,90	8,66	198,5	288	
63	ТРДЦН-63000/230	$\pm 8 \times 1,5$	230	6,6/11 11/11	12	300	82	0,80	4,00	100,0	504	
80	ТДЦ-80000/220	$\pm 2 \times 2,5$	242	6,3; 10,5; 3,8	11	320	105	0,60	2,64	72,8	480	
100	ТРДЦН-100000/220	$\pm 8 \times 1,5$	230	11/11	12	360	115	0,70	1,90	63,0	700	
125	ТДЦ-125000/220	$\pm 2 \times 2,5$	242	6,3; 10,5; 13,8; 20	11	380	135	0,50	1,27	46,5	625	
160	ТРДЦН-160000/220	$\pm 8 \times 1,6$	230	11/11	12	526	167	0,60	1,08	39,7	960	
200	ТДЦ-200000/220	—	242	13,8; 15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	29,0	900	
250	ТДЦ-250000/220	—	242	13,8; 15,75	11	650	240	0,45	0,55	23,2	1125	
400	ТДЦ-400000/220	—	242	13,8; 15,75 20	11	880	330	0,40	0,29	14,5	1000	
630	ТЦ-630000/220	—	242	15,75; 20	11	1300	380	0,35	0,17	9,22	2200	

Таблица П7 – Трёхфазные трёхобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы 220 кВ

Мощность $S_{\text{ном. тр.}}$ МВ·А	Тип	Каталожные данные $U_{\text{ном.}}$, кВ	Каталожные данные										
			$U_{\text{ном.}}$, кВ			u_k , %			ΔP_k , кВт			ΔP_x , кВт	I_x , %
			ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н	кВт	%
10	ТДТН-10000/220	$\pm 8 \times 1,5$	230	22; 38,5	6,6; 11	—	—	—	—	—	—	—	—
25	ТДТН-25000/220	$\pm 8 \times 1,5$	230	22; 27,5; 38,5	6,6; 11	12,5	20,0	6,5	—	135	—	50	1,2
32	АТДТН-32000/220/11	$\pm 2 \times 6$	230	121	6,6; 11; 38,5	11,0	34,0	21,0	—	145	—	32	0,6
40	ТДТН -40000/220	$\pm 8 \times 1,5$	230	22; 27,5; 38,5	6,6; 11	22,0 (12,5)	12,5 (22,0)	9,5	—	240	—	66	1,1
63	ТДЦТН-63000/220	$\pm 8 \times 1,5$	230	22; 38,5	6,6; 11	24,0 (12,5)	12,5 (24,0)	10,5	—	320	—	91	1,0
	АТДТН-63000/220/110	$\pm 2 \times 6$	230	121	6,6; 11; 27,5; 38,5	11	35	22	—	215	—	45	0,5
80	АТДЦТН-80000/220/110	$\pm 6 \times 2$	230	121	10,5 38,5	—	—	—	—	—	—	—	—
100	АТДЦТН-100000/220/110	$\pm 6 \times 2$	230	121	6,6; 11; 38,5	11	31	19	—	260	—	75	0,5
125	АТДЦТН-125000/220/110	$\pm 6 \times 2$	230	121	6,6; 11; 13,8; 38,5	11	31	19	—	290	—	85	0,5
160	АТДЦТН-160000/220/110	$\pm 6 \times 2$	230	121	6,6; 11; 13,8; 15,75; 38,5	11	32	20	—	380	—	100	0,5
200	АТДЦТН-200000/220/110	$\pm 6 \times 2$	230	121	6,6; 11; 13,8; 38,5	11	32	20	430	360	320	125	0,5
250	АТДЦТН-250000/220/110	$\pm 6 \times 2$	230	121	15,75	11	32	20	—	520	—	145	0,5

Продолжение таблицы П7 – Трёхфазные трёхобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы 220 кВ

Мощность $S_{ном. тр.}$ МВ·А	Тип	Расчётные данные						ΔQ_x , квар
		$R_{тр}, Ом$			$X_{тр}, Ом$			
		ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
10	ТДТН-10000/220	—	—	—	—	—	—	—
25	ТДТН-25000/220	5,72	5,72	5,72	276,0	0	148,0	300
32	АТДТН-32000/220/11	3,74	3,74	7,50	198,0	0	364,0	192
40	ТДТН -40000/220	3,97	3,97	3,97	165,0	126,0	0	440
	ТДЦТН-63000/220	2,13	2,13	2,13	109,0	92,5	0	630
63						0	92,5	
	АТДТН-63000/220/110	1,73	1,73	2,90	100,0	0	193,0	315
80	АТДЦТН-80000/220/110	—	—	—	—	—	—	—
100	АТДЦТН-100000/220/110	0,69	0,69	1,38	60,8	0	103,0	500
125	АТДЦТН-125000/220/110	0,50	0,60	1,00	48,6	0	82,5	625
160	АТДЦТН-160000/220/110	0,39	0,39	0,78	38,0	0	68,0	800
200	АТДЦТН-200000/220/110	0,39	0,20	1,50	30,4	0	54,0	1000
250	АТДЦТН-250000/220/110	0,20	0,20	0,40	23,8	0	43,2	1250

Таблица П8

Допустимые длительные токовые нагрузки на голые сталеалюминевые провода вне помещений при температуре +20 С

Сечение, мм ²	35	50	70	95	120	150	185	240	300	330	400	500	600
Ток, А	175	210	265	350	380	445	510	610	690	730	835	945	1050

Таблица П9 – Экономическая плотность тока, А/мм²

Длительность использования максимальной нагрузки T_M , ч	Голые провода и шины		Кабели с бумажной изоляцией и провода с резиновой изоляцией		Кабели с резиновой изоляцией и медными жилами
	Медные	Алюминиевые	Медные	Алюминиевые	
1000-3000	2,5	1,3	3,0	1,6	3,5
3000-5000	2,1	1,1	2,5	1,4	3,1
5000-8700	1,8	1,0	2,0	1,2	2,7

Список использованных источников

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие/ А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
2. Идельчик В.И. Электрические сети и системы. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 351 с.
3. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. – М.: Логос, 2006. – 254 с.
4. Электрические системы. Электрические сети: Учебн. для вузов. Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1998. – 511 с.
5. Электрические сети: Сборник задач. Петренко Л.И. – 2-е изд. – К.: Вища шк., 1985. – 271 с.
6. Поспелов Г.Е., Федин В.Т., Лычев П. В. Электрические системы и сети.- Минск: УП Технопринт, 2004.- 720с.
7. Ананичева С.С., Мызин А.Л., Шелюг С.Н. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Часть I. Электроэнергетические системы и сети. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ –УПИ, 2005. – 52 с.

Владимир Иванович Мошкин
Даниил Владимирович Семакин

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Задания и методические указания к выполнению
контрольной работы по курсу
«Электроэнергетические системы и сети»
для студентов направления 113.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»
(профиль «Электроснабжение»)

Редактор Н.М. Быкова

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,3	Уч.-изд. л. 1,3
Заказ	Тираж	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ
640669, г. Курган, ул. Советская, 63
Курганский государственный университет