

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. Н. Кириллов, А. Н. Назаркина

**ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки
бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
И. Е. Кажекин

Кириллов, М. Н.

Переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб.-метод. пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсового проекта для студентов напр. подгот. бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / **М. Н. Кириллов, А. Н. Назаркина.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 24 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсового проекта представлены указания по порядку разработки курсового проекта, методики выполнения заданий, требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсового проекта, описание организации защиты курсового проекта и критерии оценивания.

Табл. 6, рис. 7, список лит. – 6 наименований

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики и строительства 29.11.2023 г., протокол № 13

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	6
2 УСЛОВИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	8
3 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	18
4 ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	20
5 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	20
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	22
Приложение А	23

ВВЕДЕНИЕ

В рамках дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрен курсовой проект, *целью* которого является формирование умений и навыков расчета токов короткого замыкания для случая трехфазного и несимметричного короткого замыкания в электрической системе.

Курсовой проект позволяет решить следующие *задачи*:

- систематизировать и углубить теоретические знания в области расчетов симметричных и несимметричных коротких замыканий;
- применять теоретические знания при решении поставленных профессиональных задач;
- сформировать навыки использования справочной, нормативной и правовой документации.

После выполнения и защиты курсового проекта студент должен:

знать:

- основы теории электромагнитных переходных процессов;
- математические модели основных силовых элементов энергосистем;
- методы расчета электромагнитных переходных процессов;
- особенности протекания электромагнитных переходных процессов в синхронных генераторах, трансформаторах, линиях и других элементах энергосистем и методы их анализа с использованием современного математического аппарата;
- методы и алгоритмы расчета токов короткого замыкания в разветвленных высоковольтных сетях, в распределительных сетях и системах электроснабжения;
- алгоритмы расчета в фазных и симметричных координатах несимметричных коротких замыканий и сложных видов повреждений;
- статические и динамические характеристики и критерии устойчивости электромеханических систем в нормальном, динамическом, аварийном и послеаварийном режимах;

уметь:

- составлять расчетные схемы и соответствующие схемы замещения по отношению к токам прямой, обратной и нулевой последовательностей и определять параметры различных элементов этих схем разными методами;
- определять параметры элементов схемы;
- выбирать методы расчета, адекватные поставленной задаче;
- рассчитывать электромагнитные переходные процессы, в первую очередь токи короткого замыкания с использованием ЭВМ;
- анализировать полученные результаты и давать им соответствующую физическую интерпретацию;

- строить векторные диаграммы, кривые изменения токов короткого замыкания и эпюры напряжений;

- оценивать, к каким погрешностям могут привести те или иные допущения;

- определять допустимость различных видов возмущений с точки зрения их воздействия на конкретные типы электрических машин и узлы нагрузок, как по условиям устойчивости, так и по допустимым уровням нагрузок;

- разрабатывать мероприятия и выбирать способы для обеспечения необходимого качества переходного процесса, устойчивости и экономичной работы электромеханического оборудования;

владеть:

- навыками расчетов переходных процессов при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз.

1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать следующие *структурные* элементы:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- введение;
- основная часть с разбивкой по разделам;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Титульный лист

Форма титульного листа и образец его заполнения приведены в Приложении А.

Техническое задание

Курсовой проект должен выполняться на основе исходных данных по варианту, указанному преподавателем, исходные данные приведены в таблицах.

Содержание

Содержание должно отражать все разделы, включённые в пояснительную записку с указанием страниц записки, на которых они начинаются.

Введение

В разделе «Введение» кратко формулируются цель, задачи курсового проекта, приводятся исходные данные и описание типа выбранного основного оборудования.

Основная часть

Основная (расчетная) часть работы включает следующие вопросы:

- 1) Выбор параметров элементов электрической системы;
- 2) Расчет трехфазного короткого замыкания в заданной точке;
- 3) Расчет несимметричного короткого замыкания в заданной точке.

Заключение

В заключении сообщаются основные результаты выполненной работы.

Список использованных источников

В список использованных источников включаются непосредственно использованные источники, на которые имеется ссылки в текстовом документе. Источники в списке нумеруют в порядке их упоминания в тексте.

Приложения

В приложения следует включать материалы вспомогательного характера. В приложения могут быть помещены:

- таблицы и рисунки большого формата;
- дополнительные расчеты.

2 УСЛОВИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задачами курсового проекта являются:

1. Выбор параметров элементов электрической системы

В соответствии со значениями номинальной мощности, приведенными в таблице, необходимо выбрать типы основного оборудования и номинальные напряжения всех ступеней. Для выбора типов оборудования следует использовать справочную литературу или соответствующие каталоги.

2. Расчет трехфазного короткого замыкания в заданной точке

2.1 Составить схему замещения прямой последовательности электрической системы;

2.2 Рассчитать параметры отдельных элементов схемы замещения;

2.3 Выполнить преобразование схемы замещения к простейшему виду относительно точки короткого замыкания;

2.4 Определить начальные значения периодической и апериодической составляющих тока короткого замыкания в заданной точке;

2.5 Определить значение ударного тока короткого замыкания;

2.6 Рассчитать значения периодической и апериодической составляющих тока короткого замыкания для моментов времени равных 0,1 с, 0,2 с и 0,5 с.

3. Расчет несимметричного короткого замыкания в заданной точке

3.1 Составить схемы замещения обратной и нулевой последовательностей электрической системы (в случае необходимости);

3.2 Рассчитать параметры отдельных элементов схем замещения;

3.3 Рассчитать величины результирующих сопротивлений обратной и (в случае необходимости) нулевой последовательностей;

3.4 Определить начальное значение токов отдельных последовательностей и периодической составляющей полного тока поврежденной фазы в заданной точке;

3.5 Рассчитать значения периодической составляющей тока короткого замыкания для моментов времени равных 0,1 с, 0,2 с и 0,5 с;

3.6 Построить векторные диаграммы токов и напряжений различных последовательностей в месте повреждения для начального момента времени.

Исходные данные для выполнения курсового проекта принимаются студентом из таблиц 2.1-2.5 согласно варианту, указанному преподавателем. В соответствии с вариантом для расчета используется одна из схем

электрической системы, приведенных на рисунках 2.1-2.6.

Защита курсового проекта проводится в форме ответа на контрольные вопросы.

Таблица 2.1 – Исходные данные для курсового проекта (варианты № 1-17)

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
1	1	117	25	125	63	530 0	42 0	К1	(3),(1,1)	2x2000	4x630	Q17,Q21	100	30	80	25
2	2	252	400	63	200	810 0	51 0	К7	(3),(2)	4000	2000	Q13,Q8,Q9, Q11	50	15	30	-
3	4	353	400	63	250	999 0	53 0	К10	(3),(2)	2x2500	2x1250	Q13	83	90	22	15
4	6	75	80	16	100	500 0	-	К5	(3),(2)	2x3200	4x630	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	44	58	25	20
5	3	62,5	63	40	125	500 0	43 0	К1	(3),(2)	2x2500	3x800	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	75	15	62	-
6	5	117	125	16	100	380 0	-	К2	(3),(1,1)	4x1000	4x320	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	76	30	45	-
7	2	353	400	80	125	870 0	54 0	К8	(3),(2)	3200	2x1000	Q15,Q4	75	25	55	-
8	1	117	40	125	125	400 0	50 0	К6	(3),(2)	2x2000	3x800	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	54	25	30	29
9	4	117	125	40	80	750 0	54 0	К7	(3),(1,1)	10000	1600	Q13	130	50	40	30
10	5	117	125	10	63	400 0	-	К2	(3),(1)	2x1000	6x250	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	60	40	35	-
11	6	62,5	63	16	63	670 0	-	К11	(3),(2)	2x2000	4x200	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	33	125	37	26
12	3	37,5	40	10	100	550 0	49 0	К7	(3),(2)	2x1600	4x500	Q3,Q4	40	15	30	-
13	1	176	63	200	125	550 0	44 0	К6	(3),(2)	4000	4x500	Q5,Q8,Q13, Q20, Q21	64	28	40	10
14	2	353	630	80	200	900 0	49 0	К2	(3),(1,1)	3200	4x500	Q13,Q8,Q9, Q11	96	61	40	-
15	3	37,5	40	16	63	740 0	43 0	К4	(3),(1)	4000	4x500	Q11,Q12	52	12	45	-
16	4	235	250	63	125	800 0	41 0	К5	(3),(1)	3200	5x400	Q9,Q17	64	29	18	10
17	5	353	400	25	250	570 0	-	К8	(3),(2)	2x4000	4x500	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5,	125	80	50	-

Таблица 2.2 – Исходные данные для курсового проекта (варианты № 18-39)

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
												Q10,Q20,Q23				
18	6	75	80	16	125	830 0	-	K7	(3),(2)	4x800	6x250	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	15	96	15	35
19	1	117	40	125	125	540 0	45 0	K9	(3),(2)	3200	2x1000	Q17,Q21	78	25	60	47
20	2	117	125	25	63	530 0	42 0	K4	(3),(2)	3x1600	4x500	Q15,Q4	90	34	67	-
21	3	62,5	63	16	125	790 0	47 0	K3	(3),(1,1)	2x1600	4x500	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	40	20	23	-
22	4	235	250	63	125	810 0	45 0	K9	(3),(2)	10000	2x1000	Q21,Q9,Q14	50	45	15	10
23	5	176	200	10	100	390 0	-	K4	(3),(1)	2x1000	6x200	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	80	56	30	-
24	6	37,5	40	10	100	390 0	-	K8	(3),(2)	4x800	4x320	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	44	80	25	30
25	1	235	63	250	125	460 0	50 0	K2	(3),(2)	4000	5x400	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	22	11	10	27
26	2	176	200	40	125	780 0	48 0	K9	(3),(2)	2x2000	3x630	Q13,Q8,Q9, Q11	55	25	30	-
27	3	75	80	40	63	580 0	44 0	K2	(3),(2)	3x1250	2x1250	Q11,Q12	75	25	51	-
28	4	235	250	63	125	920 0	45 0	K9	(3),(2)	3200	5x400	Q9,Q17	80	51	30	25
29	5	176	200	10	63	500 0	-	K6	(3),(2)	4x800	2x630	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	75	40	35	-
30	6	37,5	40	16	63	710 0	-	K4	(3),(1,1)	2x4000	4x320	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	43	75	32	18
31	1	117	40	125	63	380 0	42 0	K3	(3),(1,1)	3x1250	2x1000	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5,Q 8	26	12	18	42
32	2	353	630	80	250	926 0	48 0	K2	(3),(1)	4000	4x500	Q15,Q4	35	15	23	-
33	3	75	80	40	125	690 0	40 0	K2	(3),(2)	3x1250	2x1250	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	80	15	55	-
34	4	117	125	40	63	910 0	48 0	K6	(3),(1)	2x2500	3x630	Q13	75	45	28	20
35	5	353	400	40	200	510 0	-	K3	(3),(2)	2x5000	4x250	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	80	100	30	-
36	6	37,5	40	10	125	540 0	-	K4	(3),(1)	4x1250	2x320	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	74	90	34	53
37	1	235	63	250	125	390 0	41 0	K8	(3),(1,1)	2x2000	3x800	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	23	12	15	35
38	2	235	250	63	100	610 0	56 0	K8	(3),(2)	2x1000	2x1000	Q13,Q8,Q9, Q11	22	20	5	-
39	3	62,5	63	16	125	910 0	41 0	K8	(3),(1)	3x1250	1600	Q3,Q4	68	20	50	-

Таблица 2.3 – Исходные данные для курсового проекта (варианты № 40-62)

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
40	4	117	125	40	63	750 0	54 0	К1	(3),(1)	2х2500	5х630	Q21,Q9,Q14	120	60	45	38
41	5	117	125	6,3	32	350 0	-	К1	(3),(1)	4х630	2х500	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	100	35	80	-
42	6	15	40	16	125	590 0	-	К9	(3),(2)	4х1600	2х800	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	15	95	35	20
43	1	353	80	400	125	550 0	46 0	К4	(3),(1)	2х2500	3х800	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	23	10	15	53
44	2	117	125	40	32	520 0	51 0	К6	(3),(1,1)	2х1600	2х1000	Q15,Q4	80	35	41	-
45	3	37,5	40	16	63	850 0	46 0	К1	(3),(1,1)	2х2500	2х600	Q11,Q12	35	14	19	-
46	4	353	400	80	250	840 0	45 0	К6	(3),(1,1)	2х2000	3х630	Q9,Q17	80	62	16	10
47	5	176	250	25	125	750 0	-	К6	(3),(2)	2х1250	6х200	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	25	55	35	-
48	6	62,5	80	16	125	690 0	-	К2	(3),(1,1)	2х3200	6х250	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	55	110	54	22
49	1	235	63	250	63	420 0	47 0	К3	(3),(2)	4000	2000	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	21	12	12	34
50	2	235	250	25	63	490 0	38 0	К1	(3),(1,1)	3х1600	2000	Q13,Q8,Q9, Q11	29	10	20	-
51	3	62,5	63	40	125	930 0	51 0	К7	(3),(2)	3200	5х400	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	60	32	33	-
52	4	176	200	63	125	910 0	49 0	К5	(3),(1,1)	4000	4х500	Q21,Q9,Q14	60	50	30	27
53	5	176	200	16	125	390 0	-	К4	(3),(1,1)	4х2000	4х320	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	85	40	50	-
54	6	15	10	6,3	63	570 0	-	К6	(3),(1)	2х630	2х800	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	25	100	45	25
55	1	353	80	400	100	450 0	52 0	К4	(3),(2)	3х1250	2х1250	Q17,Q21	15	4	12	40
56	2	353	630	63	250	980 0	47 0	К11	(3),(2)	2х2500	2х1250	Q15,Q4	56	17	39	-
57	3	62,5	63	16	125	840 0	43 0	К2	(3),(2)	3х1250	1600	Q3,Q4	36	20	20	-
58	4	117	125	40	63	730 0	42 0	К3	(3),(1)	2х2500	2х1250	Q9,Q17	50	35	40	25
59	5	353	400	25	200	560 0	-	К8	(3),(2)	2х5000	4х630	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	69	40	52	-
60	6	37,5	40	16	100	440 0	-	К1	(3),(1,1)	2х1000	6х500	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	50	78	50	28
61	1	176	63	200	63	530 0	44 0	К7	(3),(1)	2х1000	2х1000	Q5,Q8,Q13, Q20, Q21	17	2	16	11
62	2	117	125	25	63	910	51	К3	(3),(1)	4000	5х400	Q13,Q8,Q9,Q1	22	15	10	-

Таблица 2.4 – Исходные данные для курсового проекта (варианты № 63-84)

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
						0	0					1				
63	3	15	16	10	63	810 0	45 0	K3	(3),(1)	2x2500	3x800	Q11,Q12	15	10	7	-
64	4	235	250	63	125	950 0	44 0	K13	(3),(2)	4000	4x500	Q13	50	60	10	8
65	5	353	400	40	250	520 0	-	K5	(3),(1)	4x4000	2x630	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	55	25	40	-
66	6	15	10	10	63	420 0	-	K1	(3),(1)	2x1600	4x630	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	50	120	20	45
67	1	235	63	250	125	390 0	45 0	K7	(3),(1,1)	2x2000	3x630	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	65	30	45	55
68	2	235	250	63	125	840 0	50 0	K10	(3),(2)	2x2000	3x800	Q15,Q4	23	10	15	-
69	3	75	80	40	125	940 0	42 0	K4	(3),(2)	3200	2x1000	Q1,Q6,Q9, Q19, Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	12	10	8	-
70	4	353	400	63	250	850 0	52 0	K12	(3),(2)	2x2500	3x800	Q21,Q9,Q14	50	64	12	8
71	5	176	200	25	125	580 0	-	K1	(3),(1,1)	2x3200	4x400	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	38	45	65	-
72	6	15	25	10	63	410 0	-	K3	(3),(2)	4x800	2x400	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	50	60	55	15
73	1	353	63	400	250	410 0	44 0	K3	(3),(1)	3x1600	2000	Q17,Q21	75	15	65	55
74	3	15	16	10	32	510 0	41 0	K1	(3),(1)	4000	5x400	Q3,Q4	20	15	12	-
75	4	353	400	80	250	999 0	49 0	K1	(3),(1,1)	2x2000	3x800	Q9,Q17	25	73	33	27
76	5	117	125	10	63	390 0	-	K3	(3),(2)	2x1250	4x500	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	80	58	34	-
77	6	7,5	6,3	6,3	32	390 0	-	K5	(3),(2)	4x630	4x250	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	40	80	50	55
78	1	117	40	125	63	470 0	42 0	K4	(3),(1,1)	2x1600	4x500	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	28	10	20	43
79	3	75	80	16	125	720 0	50 0	K6	(3),(2)	2x2000	3x630	Q11,Q12	38	19	17	-
80	4	353	400	80	250	840 0	45 0	K12	(3),(2)	3x1250	3x630	Q13	95	115	30	15
81	5	353	400	16	125	420 0	-	K7	(3),(2)	2x2000	4x500	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	110	100	85	-
82	6	75	80	16	125	400 0	-	K7	(3),(2)	4x1000	2x630	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	49	150	10	18
83	1	176	63	200	63	530 0	42 0	K8	(3),(1)	3x1250	1600	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	78	50	30	80
84	3	75	80	16	125	720	50	K5	(3),(2)	3x1600	2000	Q1,Q6,Q9,	22	12	15	-

Таблица 2.5 – Исходные данные для курсового проекта (варианты № 85-100)

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
						0	0					Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12				
85	4	353	400	80	250	790 0	47 0	К6	(3),(2)	3200	2х1000	Q21,Q9,Q14	95	110	35	18
86	6	7,5	10	10	32	390 0	-	К2	(3),(1)	4х800	2х630	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	28	60	25	48
87	1	353	80	400	250	560 0	46 0	К10	(3),(2)	3х1600	2х1000	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	40	15	30	40
88	3	37,5	40	10	125	740 0	44 0	К4	(3),(1,1)	2х2500	4х630	Q3,Q4	25	10	18	-
89	4	176	200	63	125	970 0	58 0	К8	(3),(2)	3х1600	2000	Q9,Q17	55	42	20	15
90	5	176	200	10	100	410 0	-	К5	(3),(1,1)	4х1000	4х250	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	29	35	44	-
91	1	117	40	125	63	510 0	40 0	К2	(3),(2)	3х1250	2х1250	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	110	60	65	120
92	3	37,5	40	16	63	470 0	42 0	К5	(3),(2)	3х1250	1600	Q11,Q12	44	14	32	-
93	4	117	125	40	63	780 0	52 0	К2	(3),(1)	3х1600	2х1250	Q13	80	40	20	15
94	6	15	16	6,3	63	560 0	-	К3	(3),(2)	4х630	4х250	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	38	83	20	40
95	1	117	40	125	63	500 0	41 0	К6	(3),(2)	4000	5х400	Q17,Q21	55	12	40	10
96	1	176	63	200	63	530 0	42 0	К8	(3),(1,1)	4000	2000	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	70	40	28	-
97	3	75	80	16	125	720 0	50 0	К5	(3),(2)	2х2000	3х800	Q21,Q9,Q14	80	56	15	20
98	4	353	400	80	250	790 0	47 0	К6	(3),(2)	3200	4х500	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	35	18	20	18
99	6	7,5	10	10	32	390 0	-	К2	(3),(2)	2х2000	1600	Q9,Q17	90	38	40	25
100	1	353	80	400	250	560 0	46 0	К10	(3),(2)	2х2500	2х1250	Q13	60	150	22	15

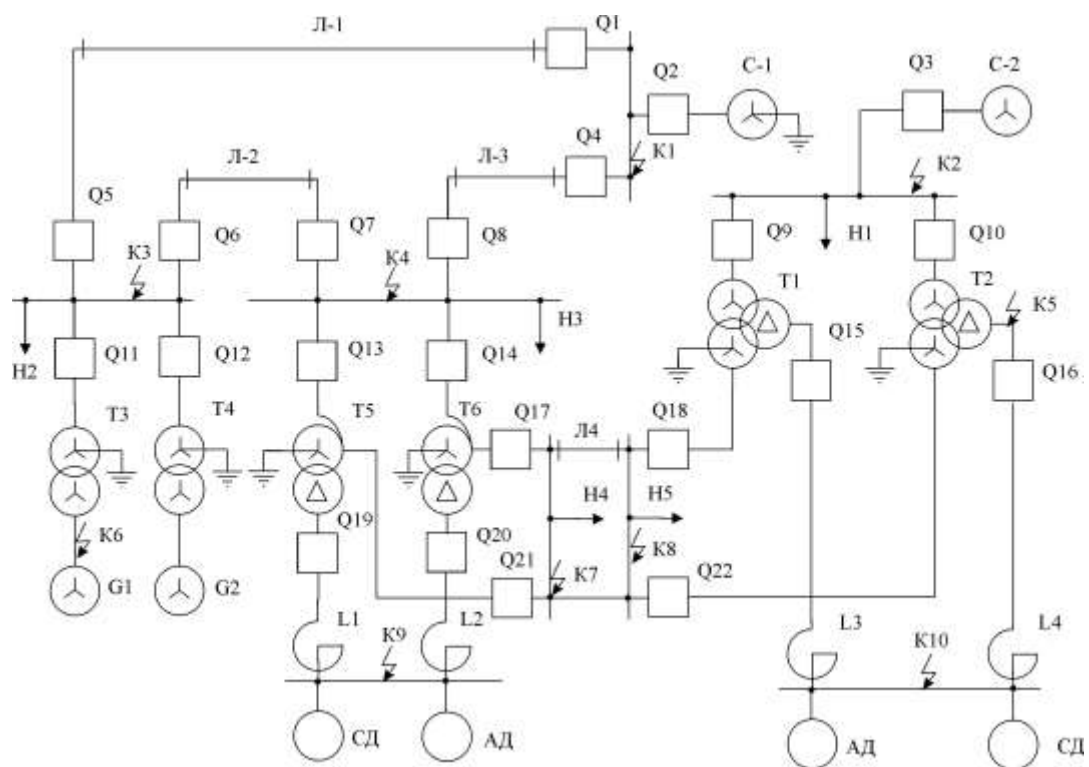


Рисунок 2.1 – Исходная схема 1

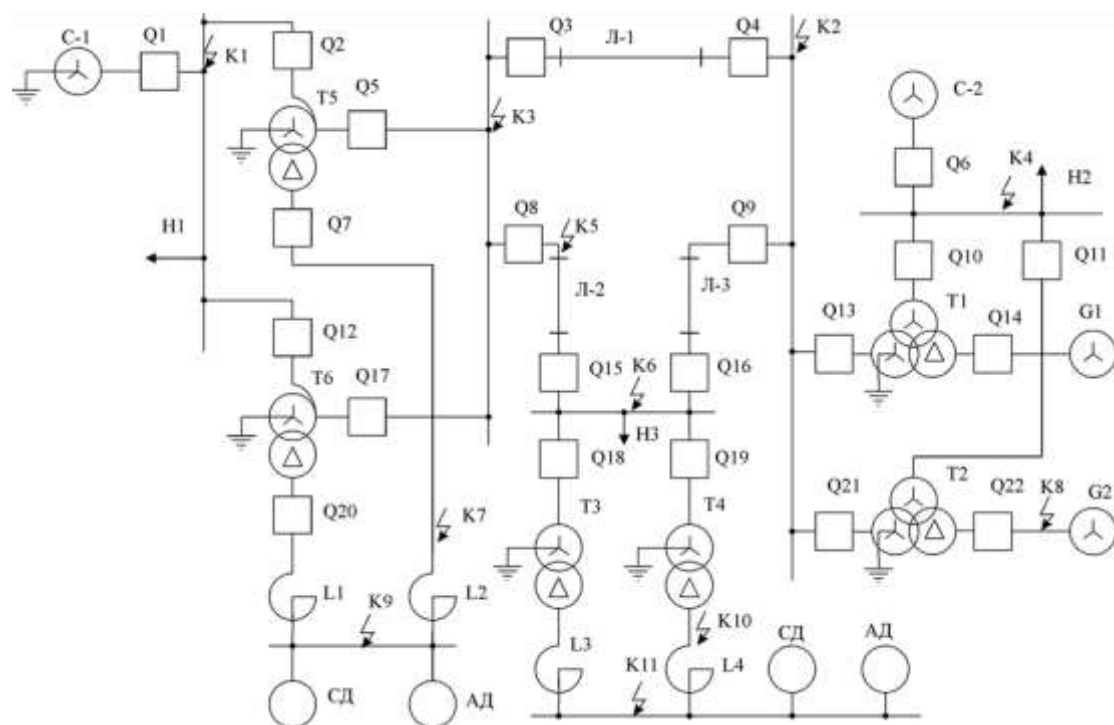


Рисунок 2.2 – Исходная схема 2

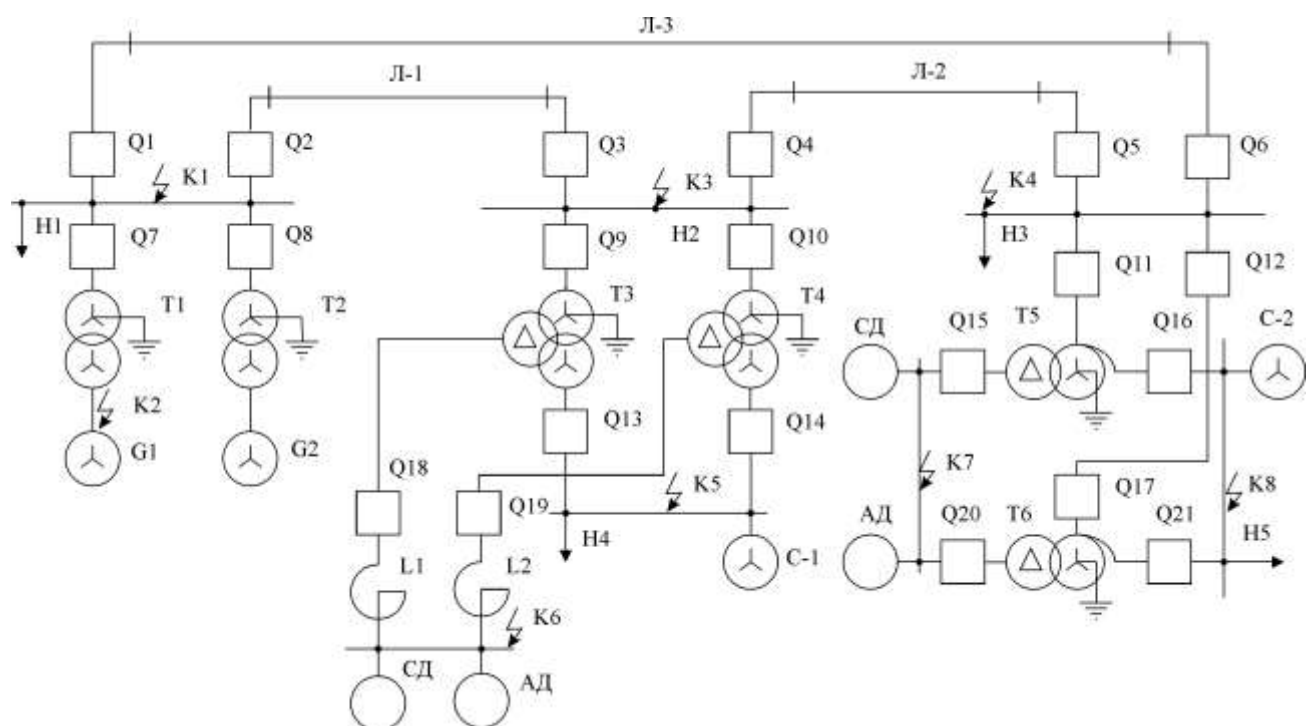


Рисунок 2.3 – Исходная схема 3

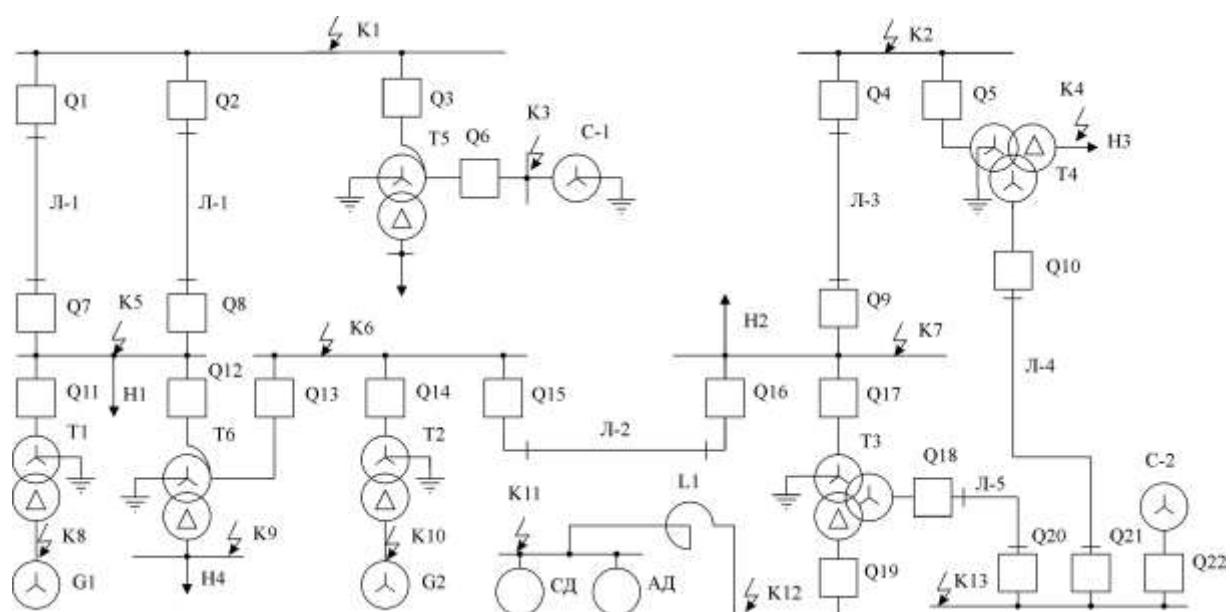


Рисунок 2.4 – Исходная схема 4

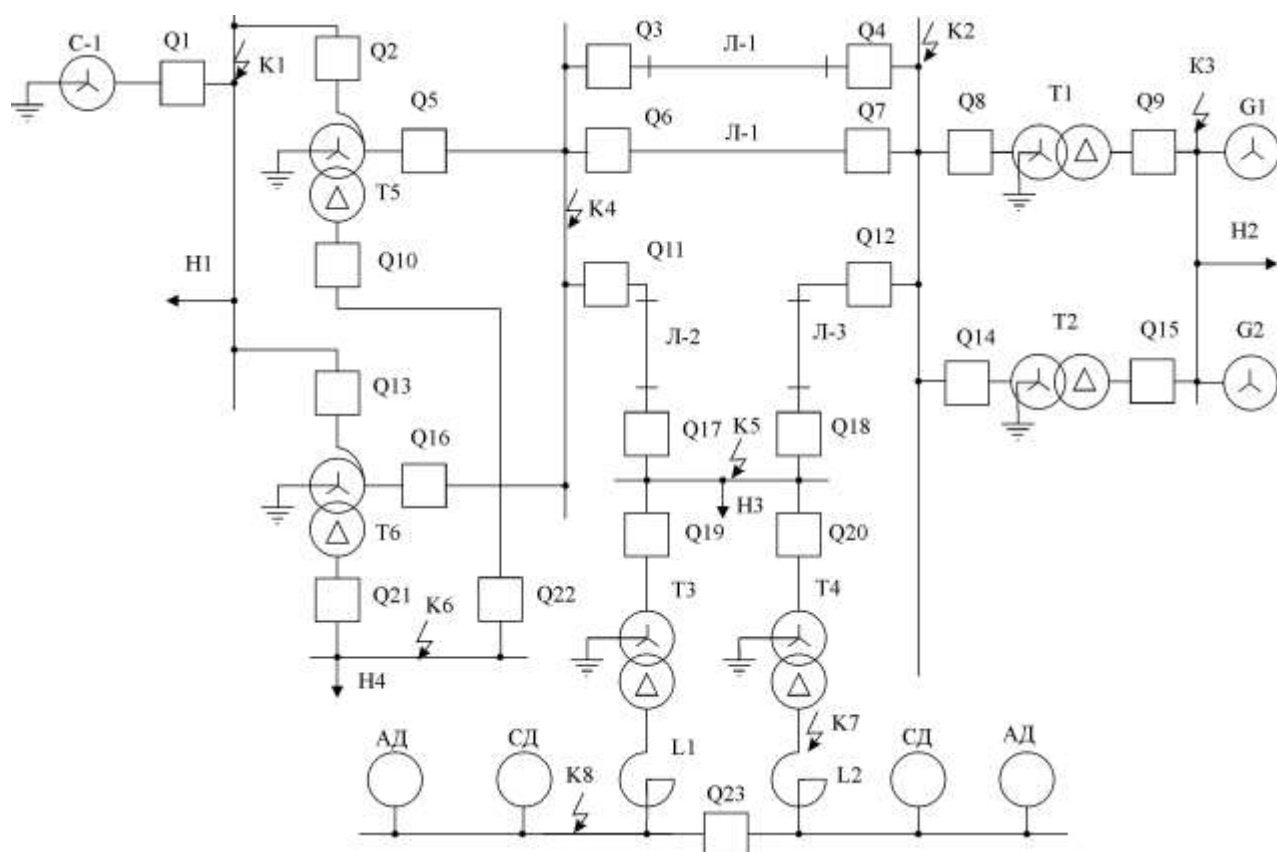


Рисунок 2.5 – Исходная схема 5

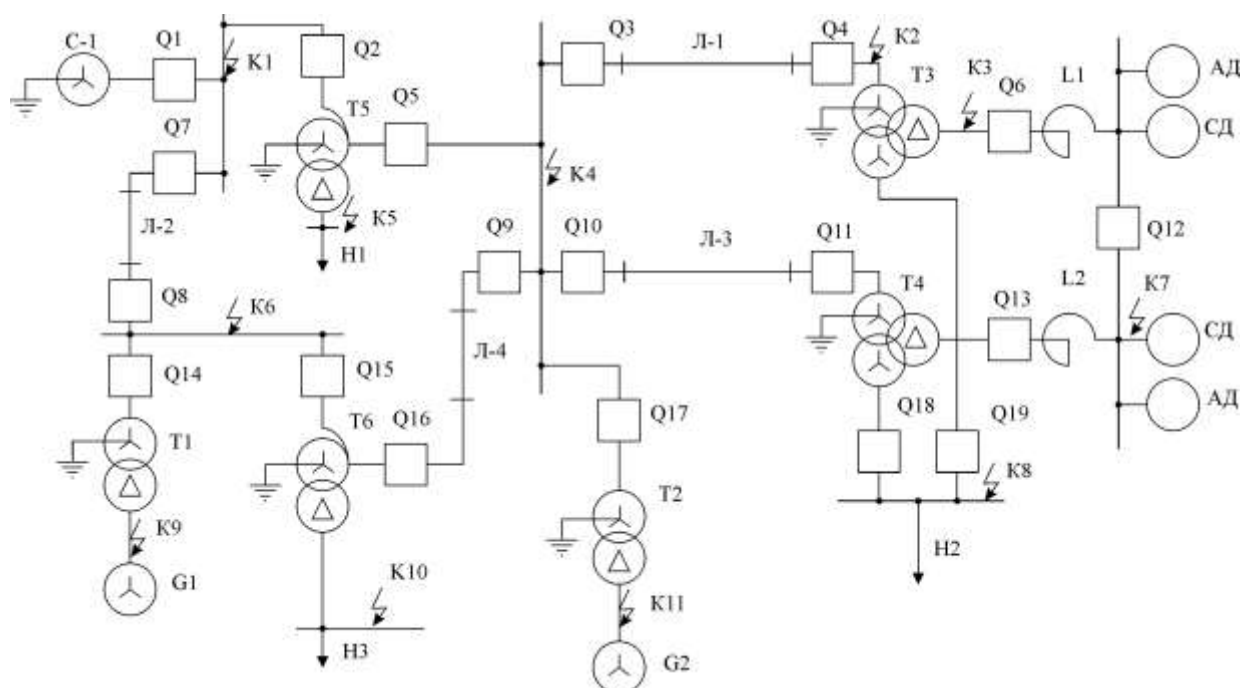


Рисунок 2.6 – Исходная схема 6

Контрольные вопросы для защиты курсового проекта

1. Из каких групп элементов состоит электроэнергетическая система?
2. Что представляет собой система электроснабжения?
3. Какие требования предъявляются к ЭЭС и СЭС?
4. Какие виды режимов и процессов имеют место в ЭЭС?
5. Что означают параметры режима и системы?
6. Каковы причины возникновения переходных процессов в ЭЭС?
7. По каким признакам различаются переходные процессы?
8. Исходя из каких аспектов могут рассматриваться переходные процессы в электроэнергетических системах, в системах электроснабжения и в узлах нагрузки?
9. Каковы наиболее распространенные переходные процессы составляют переходный режим в ЭЭС и СЭС?
10. Каковы причины возникновения коротких замыканий?
11. Какие режимы работы нейтрали предусматриваются для систем электроснабжения?
12. Какие виды коротких замыканий могут возникать в ЭЭС и какова частота их появления?
13. Каковы основные последствия коротких замыканий?
14. Для решения каких важных задач необходимы исследования и расчеты переходных процессов?
15. Что относится к параметрам режима короткого замыкания?
16. Что относится к расчетным условиям короткого замыкания?
17. По каким соображениям на схеме СЭС определяется место короткого замыкания, необходимое для практических расчетов?
18. Какие электроприемники в электроустановках напряжением выше 1 кВ проверяются по режиму короткого замыкания?
19. Какие электроприемники в электроустановках напряжением до 1 кВ проверяются по режиму короткого замыкания?
20. Какими условиями характеризуется максимальный и минимальный режим короткого замыкания?
21. Каковы требования и допущения предъявляются к расчетам токов коротких замыканий при проектировании, сооружении и эксплуатации электрических систем?

3 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по указанию преподавателя допускается выполнять и оформлять в редакторе MS Word или в программном комплексе Mathcad. При необходимости допускается использование MS Excel для проведения расчётов. Требования по оформлению курсового проекта различаются в зависимости от используемого программного средства.

Общие требования

Пояснительная записка должна содержать обязательные структурные элементы (раздел 1). Текстовая часть пояснительной записки оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. На все рисунки и таблицы должны быть ссылки в тексте, например, «(рисунок 1)», «приведены в таблице 2». Подписи таблиц и рисунков по форме «Таблица 1 – Название» (над таблицей, выравнивание по левому краю без отступа), «Рисунок 1 – Название» (под рисунком, выравнивание по середине). Ссылки на литературу оформляются в [скобках]. Нумерация источников – сквозная по первому упоминанию. Электрические схемы рекомендуется выполнять в редакторе MS Visio.

Требования при оформлении в MS Word

При оформлении в редакторе MS Word необходимо придерживаться следующих основных требований:

Поля документа: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 15 мм

Шрифт Times New Roman, размер 12 - 14

Выравнивание шрифта по ширине

Расстановка переносов – автоматическая

Межстрочный интервал – 1,15 - 1,25

Отступ первой строки абзаца – 12,5 мм

Выравнивание рисунков – по центру без отступа

Выравнивание таблиц – по ширине окна, без отступа

Подписи рисунков и таблиц – по ГОСТ

Нумерация страниц – по центру внизу страницы.

Требования при оформлении в Mathcad

В случае выполнения расчетов в среде Mathcad допускается оформлять расчетную часть курсового проекта встроенными средствами редактирования. По завершению работы осуществляется вывод электронного документа в формате pdf. Перед началом работы необходимо настроить поля документа: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 15 мм (рисунок 3.1).

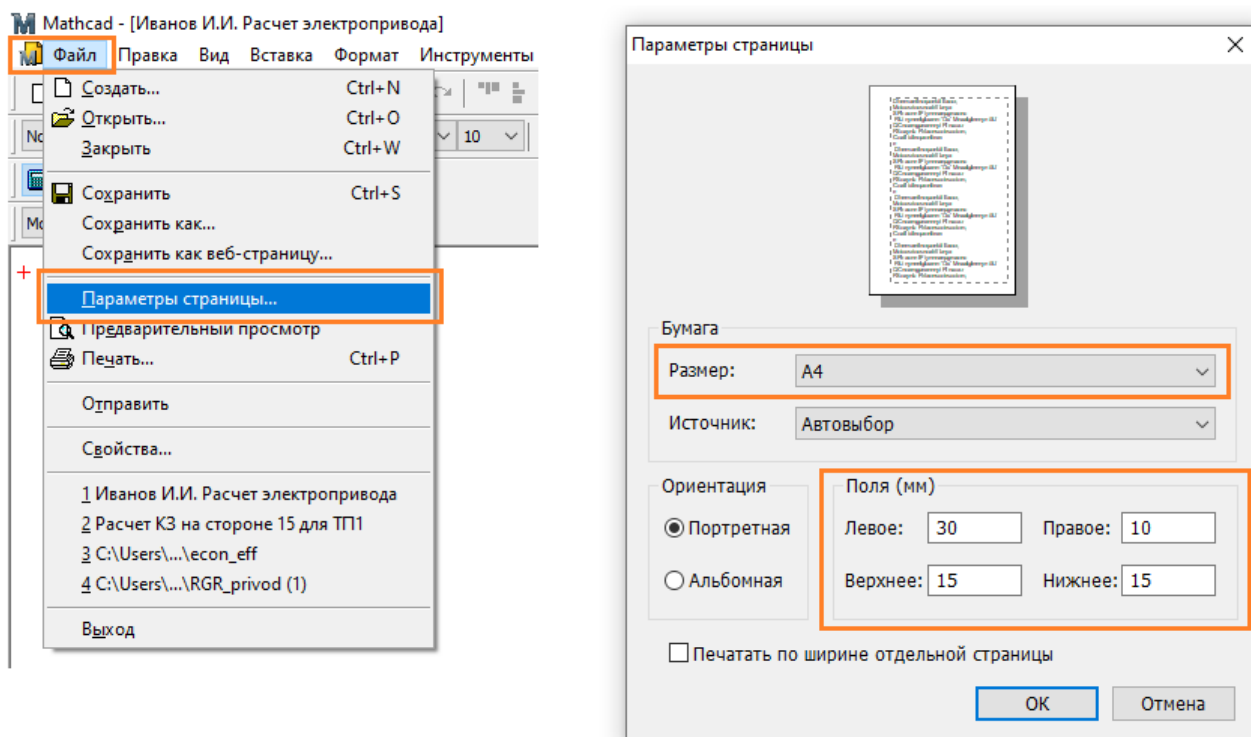


Рисунок 3.1 – Задание полей документа в программе Mathcad

Расчетная часть должна иметь четкую структуру. Таблицы и рисунки должны иметь названия. При построении диаграмм необходимо вручную задавать шаг сетки по осям диаграммы с целью обеспечения удобства считывания данных. Шаг подбирается под каждую диаграмму индивидуально в зависимости от диапазона значений по оси из числа типовых: (10, 20, 30, ...), (20, 40, 50, ...), (25, 50, 75, ...), (50, 100, 150, ...), (100, 200, 300, ...). Изменение шага осуществляется через меню «Формат» редактируемой диаграммы в разделе «Количество сеток».

4 ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится после предоставления завершенной работы и устранения всех замечаний по расчетной части. Защита проводится устно в формате собеседования в форме ответа на контрольные вопросы.

5 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится в форме ответа на контрольные вопросы. По итогам выполнения и защиты курсового проекта оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с универсальной системой оценивания (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные.
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лозовенко, В.И. Переходные процессы в синхронных машинах. Учебное пособие / В.И. Лозовенко. – Калининград: КГТУ, 2002. – 174 с.
2. ГОСТ 26522-85. Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения: Межгосударственный стандарт: дата введения 1986.07.01 / Офиц. переиздание. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. - 12 с.
3. Долгов, А. П. Переходные режимы и устойчивость электроэнергетических систем: учебник / А. П. Долгов. — Новосибирск: НГТУ, 2022. — 258 с. — ISBN 978-5-7782-4678-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/306263> (дата обращения: 19.11.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Важнов, А.И. Основы теории переходных процессов синхронной машины / А. И. Важнов. - Москва; Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1960. - 312 с.
5. Ульянов, С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебник / С. А. Ульянов. – Москва: Энергия, 1970. – 518 с.
6. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: учеб. для электроэнергет. спец вузов / В. А. Веников. – 4 изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1985. – 536 с.

Образец титульного листа

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт морских технологий, энергетики и строительства
Кафедра энергетики

Зачтено с отметкой _____

Дата защиты _____

Преподаватель _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

«Расчет токов короткого замыкания для случая трехфазного и несимметричного короткого
замыкания в электрической системе»

по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Работу выполнил:
студент гр. XX-ЭЭ
Иванов И.И.

Калининград
20XX

Локальный электронный методический материал

Михаил Николаевич Кириллов
Александра Николаевна Назаркина

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,5.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1