



ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению домашней контрольной работы по дисциплине

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Направленность (профиль) образовательной программы

«Менеджмент в электроэнергетике и электротехнике»

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Для обучающихся заочной формы обучения

Челябинск, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Методические рекомендации по выполнению контрольных заданий.....	4
Задания для домашней контрольной работы.....	5
Рекомендуемый список литературы.....	12

Введение

Задания к контрольной работе составлены в соответствии с программой по курсу «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». Целью работы является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении курса, а также приобретение практических навыков.

Выполнение домашней контрольной работы является важной составляющей наряду с практическими и лекционными занятиями. Задачами выполнения контрольной работы является углубление и закрепление знаний, полученных студентами на лекциях и практических занятиях, развитие навыков самостоятельной работы с профессиональными источниками информации и практической работы по проведению необходимых расчетов и составлению заключения по результатам анализа.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине указан в рабочей программе дисциплины.

Методические рекомендации по выполнению контрольных заданий

Контрольная работа составлена в 50 вариантах.

Контрольная работа оформляется в соответствии с требованиями «Общих методических указаний по выполнению и оформлению домашней контрольной работы студентами-заочниками»

Выбор варианта зависит от номера студенческого билета.

Таблица соотношения номера студенческого билета и варианта контрольных заданий

Две последние цифры шифра	Вариант	Номера заданий	Две последние цифры шифра	Вариант	Номера заданий
01, 51	1	1, 19, 2, 20	26, 76	26	6, 22, 39, 16
02, 52	2	21, 3, 22, 4	27, 77	27	7, 24, 38, 17
03, 53	3	5, 23, 6, 24	28, 78	28	8, 26, 36, 18
04, 54	4	8, 7, 26, 25	29, 79	29	9, 28, 34, 19
05, 55	5	9, 27, 10, 28	30, 80	30	10, 29, 31, 18
06, 56	6	29, 40, 30, 39	31, 81	31	1, 40, 28, 20
07, 57	7	11, 38, 12, 37	32, 82	32	16, 2, 39, 29
08, 58	8	36, 13, 35, 14	33, 83	33	38, 14, 3, 27
09, 59	9	15, 34, 16, 33	34, 84	34	20, 31, 12, 4
10, 60	10	31, 17, 32, 18	35, 85	35	21, 30, 37, 9
11, 61	11	41, 11, 21, 10	36, 86	36	10, 26, 19, 35
12, 62	12	30, 12, 22, 9	37, 87	37	8, 25, 36, 17
13, 63	13	38, 13, 23, 8	38, 88	38	15, 7, 24, 33
14, 64	14	7, 14, 24, 37	39, 89	39	34, 13, 6, 23
15, 65	15	36, 15, 25, 6	40, 90	40	32, 22, 11, 5
16, 66	16	35, 16, 26, 5	41, 91	41	3, 25, 31, 2
17, 67	17	4, 17, 27, 34	42, 92	42	27, 7, 6, 21
18, 68	18	33, 18, 28, 3	43, 93	43	11, 35, 29, 10
19, 69	19	32, 19, 30, 2	44, 94	44	39, 15, 14, 23
20, 70	20	31, 20, 29, 1	45, 95	45	18, 37, 33, 20
21, 71	21	1, 30, 33, 11	46, 96	46	19, 34, 40, 17
22, 72	22	2, 12, 21, 31	47, 97	47	7, 16, 21, 31
23, 73	23	3, 13, 22, 32	48, 98	48	8, 17, 22, 32
24, 74	24	4, 14, 23, 34	49, 99	49	9, 18, 23, 34
25, 75	25	5, 15, 25, 35	50, 00	50	10, 19, 24, 35

Задания для домашней контрольной работы

Задачи 1–10

1. Основные требования, предъявляемые к релейной защите. Классификация реле защиты по принципу действия и по назначению.

2. Конструкции и принцип действия электромагнитных реле тока, напряжения, времени, промежуточных и указательных.

3. Конструкция и принцип действия индукционного реле тока. Область применения.

4. Максимальная токовая защита линии с независимой выдержкой времени. Назначение, схема, принцип действия, расчет тока срабатывания.

5. Защита линий отсечками по току и напряжению. Назначение, схема, принцип действия, расчет уставок срабатывания реле.

6. Максимальная токовая защита линии с блокировкой по напряжению. Назначение, схема, принцип действия, расчет тока срабатывания реле.

7. Направленная максимальная токовая защита линий. Назначение, схема, принцип действия.

8. Поперечная дифференциальная защита линий. Область применения, схема, принцип действия защиты.

9. Дистанционная защита линий. Область применения, схема, принцип действия защиты.

10. Конструкция, принцип действия реле сопротивления КРС-2. Характеристика реле.

Задачи 11–20

Начертить схему максимальной токовой защиты (МТЗ) с независимой выдержкой времени питающей линии потребителя в сочетании с токовой отсечкой (ТО). Пояснить назначение МТЗ и ТО линий.

Вычислить ток срабатывания $I_{с.з.}$ максимальной токовой защиты линии, ток уставки срабатывания реле $I_{у.ср.}$. Сделать заключение о чувствительности защиты.

Вычислить ток срабатывания $I_{с.з.}$ токовой отсечки линии, ток уставки срабатывания реле. Сделать заключение о чувствительности защиты.

Исходные данные для вычислений приведены в табл. 2.

Задачи 21–30

Начертить схему максимальной токовой защиты (МТЗ) токовой отсечки (ТО) двухобмоточного понижающего трансформатора. Пояснить, при каких повреждениях действует МТЗ и ТО.

Вычислить ток срабатывания максимальной токовой защиты $I_{с.з.}$, ток уставки срабатывания реле $I_{у.р.}$. Сделать заключение чувствительности МТЗ.

Вычислить ток срабатывания токовой отсечки $I_{с.з.}$, ток уставки срабатывания реле $I_{у.р.}$.

Сделать заключение о чувствительности ТО.

Тип применяемых в защите токовых реле РТ-40.

Исходные данные для вычислений приведены в табл. 3

Таблица 2

Исходные данные для задач П1–20

Исходные данные	Номера задач									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$I_{\text{раб. макс}}, A$	280	470	86	340	120	140	250	320	100	180
$K_{\text{сэт}}$	2,8	2	2,5	2,8	2,1	2,4	2,6	2,5	2	2,4
K_T	80	120	20	120	30	40	70	120	30	45
$I_{\text{л. мин}}, kA$	2,0	3,3	1,05	3,0	0,85	0,85	2,0	2,8	0,8	0,85
$I_{\text{л. макс}}, kA$	2,9	4,5	2,1	3,8	1,3	1,5	2,7	3,2	1,2	1,8
$\Gamma_{\text{л. мин}}$	6,4	9,9	5,2	8,0	2,95	3,05	6,2	8,0	3,1	2,96
Схема соединения ТТ и реле защиты	неполная звезда	неполная звезда	полная звезда	полная звезда	неполная звезда	неполная звезда	полная звезда	полная звезда	неполная звезда	неполная звезда

Таблица 3

Исходные данные для задач 21–30

Исходные данные	Номера задач									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S_{\text{ном.р.}}$, кВ·А	630	4000	400	2500	1600	1600	2500	400	4000	630
$U_{\text{ном.р.}}$, кВ	35	35	10	110	35	10	35	10	110	35
$K_{\text{тр}}$	8	6	2,5	11	3,5	4	8	16	10	3,5
K_1	6	20	15	20	15	14	22	15	20	8
$I_{\text{кратн.}}$, кА	9,0	4,6	3,9	2,7	2,1	2,5	4	3,5	2,6	8,5
$I_{\text{к. макс.}}$, кА	12,1	6,0	4,5	3,8	2,2	4,2	6	4,7	3,7	9,7
$I_{\text{к. мин.}}$, кА	0,9	2,5	0,6	1,2	1,9	0,8	2,5	0,8	1,3	0,8
$K_{\text{сез}}$	2,0	2,6	2,5	2,2	3,0	2,0	2,2	2,5	2,0	2,3
Схема соединения ТТ и реле защиты	неполная звезда с двумя реле	полная звезда с тремя реле	неполная звезда с тремя реле	треугольник с тремя реле	треугольник с двумя реле	неполная звезда с двумя реле	полная звезда с тремя реле	неполная звезда с тремя реле	треугольник с тремя реле	треугольник с тремя реле

Вопросы 31–40

31. Начертить принципиальную электрическую схему направленной максимальной токовой защиты с использованием индукционного реле мощности. Объяснить принцип действия защиты и область ее применения. Указать типы всех реле, используемых в схеме. Пояснить схемы включения реле мощности. Пояснить, как выбирается выдержка времени защиты и направление мощности для обеспечения селективности защиты. Пояснить назначение, конструкцию и принцип действия электромагнитного реле тока. Начертить принципиальную схему полупроводникового реле тока. Пояснить назначение основных элементов схемы и работу реле. Указать достоинства полупроводниковых реле.

32. Начертить принципиальную электрическую схему направленной максимальной токовой защиты с использованием индукционного реле мощности. Объяснить принцип действия защиты и область ее применения. Указать типы всех реле, используемых в схеме. Пояснить схемы включения реле мощности. Пояснить, как выбирается выдержка времени защиты и направление мощности для обеспечения селективности защиты.

33. Пояснить назначение, конструкцию и принцип действия электромагнитного реле тока. Начертить принципиальную схему полупроводникового реле тока. Пояснить назначение основных элементов схемы и работу реле. Указать достоинство полупроводниковых реле.

34. Пояснить принцип действия дистанционной защиты. Начертить принципиальную схему дистанционной направленной трехступенчатой защиты. Объяснить назначение каждого органа защиты и указать применяемые реле. Описать действие схемы. Начертить и объяснить диаграммы распределения выдержек времени дистанционной защиты.

35. Пояснить принцип действия и виды дифференциальных защит. Начертить принципиальную схему поперечной дифференциальной токовой направленной защиты. Объяснить назначение основных органов защиты и действие приведенной схемы. Указать достоинства и недостатки защиты.

36. Пояснить особенности выполнения защит от однофазных замыканий в сетях с изолированной нейтралью. Начертить схемы устройства сигнализации при замыканиях на землю, схемы ненаправленной и направленной токовых защит нулевой последовательности. Описать принцип действия указанных защит.

37. Пояснить принцип выполнения токовых защит на переменном оперативном токе. Начертить принципиальную схему максимальной токовой защиты линии 10 кВ с независимой выдержкой времени на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения. Объяснить работу схемы, указать типы реле.

38. Пояснить назначение, конструкцию и принцип действия индукционного реле направления мощности. Начертить принципиальную схему полупроводникового реле направления мощности и временные диаграммы его работы. Объяснить назначение элементов схемы, принцип работы схемы реле.

Пояснить защиты трансформаторов от внутренних повреждений, внешних коротких замыканий и перегрузок, указать область их применения в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок.

39. Начертить принципиальную схему продольной дифференциальной защиты двухобмоточного понижающего трансформатора. Пояснить особенности выполнения, принцип действия и область использования защиты. Указать типы реле, используемых в защите.

40. Описать конструкцию, принцип действия газового реле и основные требования к его установке. Начертить принципиальную схему газовой защиты, пояснить принцип действия и область применения.

Методика расчета задач 11–20

Принятые обозначения в задачах:

$I_{\text{раб.мах}}$ – наибольший рабочий ток линии при нормальном режиме;

$K_{\text{с.з.п.}}$ – коэффициент самозапуска не отключившихся электродвигателей;

K_t – коэффициент трансформации трансформаторов тока;

$I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток трехфазного КЗ в конце зоны защиты;

$I_{\text{к.мах}}$ – наибольший ток трехфазного КЗ в конце защищаемой линии;

$I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток трехфазного КЗ в начале защищаемой линии.

Тип применяемых в защите токовых реле – РТ-40.

Первичный ток срабатывания максимальной токовой защиты выбирается из условия отстройки от наибольшего тока нагрузки.

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{K_n \cdot K_{\text{с.з.п.}}}{K_B} I_{\text{раб.мах}}$$

где $K_n = 1,1 \div 1,2$ – коэффициент надежности (отстройки);

$K_{\text{с.з.п.}}$ – коэффициент самозапуска, учитывающий возрастание тока нагрузки в послеаварийном режиме или после действия АВР за счет самозапуска электродвигателей;

$K_B = 0,8 \div 0,85$ (для реле РТ-40) – коэффициент возврата реле;

$I_{\text{раб.мах}}$ — наибольший ток нагрузки защищаемой линии или трансформатора.

Ток срабатывания реле МТЗ:

$$I_{\text{у. ср.}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{K_{\text{в}} \cdot K_{\text{I}}} K_{\text{сх.}},$$

где $K_{\text{сх}} = \sqrt{3}$ — коэффициент схемы;

K_{I} — коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Наибольший рабочий ток линии при нормальном режиме, принимается равным номинальному току трансформатора $I_{\text{раб.мах.}} = I_{\text{ном}}$.

Ток срабатывания реле определяется по формуле:

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{I_{\text{с.з.}} \cdot K_{\text{сх.}}}{K_{\text{I}}},$$

где $K_{\text{сх}}$ — коэффициент схемы, равный 1 при включении реле тока на ток фазы и равный $\sqrt{3}$ при включении реле на разность токов двух фаз;

K_{I} — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Методика расчета задач 21–30

Принятые обозначения в задачах:

$S_{\text{ном.тр.}}$ — номинальная мощность двухобмоточного трансформатора;

$U_{1\text{ном}}$ — номинальное напряжение первичной обмотки трансформатора;

$K_{\text{тр}}$ — коэффициент трансформации понижающего трансформатора;

K_{I} — коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока;

$K_{\text{с.з.п.}}$ — коэффициент самозапуска неотключившихся электродвигателей;

$I_{\text{к.мин2}}$ — минимальный ток трехфазного короткого замыкания за трансформатором;

$I_{\text{к.мах}}$ — наибольший ток трехфазного короткого замыкания на жазимах вторичной обмотки одиночно работающего защищаемого трансформатора;

$I_{\text{к.мин1}}$ — минимальный ток трехфазного короткого замыкания в месте установки защиты (на жазимах первичной обмотки).

Чувствительность МТЗ проверяется при двухфазном КЗ в конце линии:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з.}}}$$

Проверка чувствительности МТЗ трансформатора выполняется при двухфазном КЗ на стороне низшего (вторичного) напряжения трансформатора:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин2}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}} \cdot K_{\text{тр.}}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{к.мин2}}}{I_{\text{с.з.}} \cdot K_{\text{тр.}}}$$

Должно выполняться условие: $K_{\text{ч}} > 1,5$.

Первичный ток срабатывания токовой отсечки определяется из условия надежного несрабатывания (отстройки) ее при трехфазном КЗ в конце защищаемой линии или при трехфазном КЗ на стороне низкого напряжения (НН) трансформатора:

$$I_{\text{с.з.}} = K_{\text{н}} \cdot I_{\text{к.маx}} \text{ (для линии);}$$

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{K_{\text{н}} \cdot I_{\text{к.маx}}}{K_{\text{тр.}}} \text{ (для трансформатора).}$$

где $K_{\text{н}} = 1,2 \div 1,3$ (для линий);

$K_{\text{н}} = 1,3 \div 1,4$ (для трансформаторов);

$I_{\text{к.маx}}$ — максимальный ток короткого замыкания в конце защищаемой линии, А.

Ток срабатывания реле $I_{\text{с.р.}}$ определяется по формуле, приведенной выше.

Чувствительность отсечки линии проверяется при двухфазном КЗ в начале линии:

$$K_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I'_{\text{к.мин}}}{2 I_{\text{с.з.}}}$$

где $I'_{\text{к.мин}}$ — минимальный ток короткого замыкания в конце защищаемой линии, А.

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5.

Для трансформатора проверка чувствительности отсечки выполняется при двухфазном КЗ на стороне высшего (первичного) напряжения:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к. min 1}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{K_{\text{к. min 1}}}{I_{\text{с.з.}}}.$$

Для токовой отсечки трансформатора наименьшее значение коэффициента чувствительности $K_{\text{ч}} = 2$.

Следует обратить внимание, как обеспечивается избирательность (селективность) каждого типа защиты.

Для ответа на вопросы 31–40 следует изучить тему «Релейная защита», так как на релейную защиту возложена ответственная задача незамедлительное отделение поврежденного оборудования от неповрежденного. Выбор типа защиты определяется многими факторами.

Рекомендуемый список литературы

Список литературы представлен в рабочей программе дисциплины.