

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

Составитель
Ф. С. Непша

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА (СПЕЦ. ЧАСТЬ)

Методические указания к курсовому проекту для студентов
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика
и электротехника», образовательная программа
«Электроснабжение», всех форм обучения

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» в качестве
электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2017

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Е. Г. Медведев – доцент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий

И. Ю. Семькина – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Непша Федор Сергеевич

Релейная защита и автоматика (спец. часть): методические указания к курсовому проекту [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / сост.: Ф. С. Непша – Кемерово: КузГТУ, 2017. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Составлено в соответствии с программой дисциплины «Релейная защита и автоматика (спец. часть)», предназначено для уяснения основных теоретических положений и получения практических навыков по разработке релейных защит типовых элементов электроэнергетических систем.

© КузГТУ, 2017
© Непша Ф. С.,
составление, 2017

1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по дисциплине «Релейная защита и автоматика (спец. часть)» состоит из графической части и пояснительной записки.

Графическая часть выполняется на листе формата А1 (594×841) и оформляется в соответствии с существующей нормативной документацией [1]. Она содержит принципиальные схемы разрабатываемых устройств релейной защиты и автоматики.

Расчетно-пояснительная записка выполняется в виде рукописного текста в объеме 30...50 страниц на листах формата А4 (210×297) и оформляется в соответствии с существующим ГОСТ 2.105-95. В ней приводится полное описание последовательности производимых расчетов с краткими комментариями к каждой операции.

Фрагменты расчетной схемы, схем замещения, рисунки, таблицы представляются непосредственно по тексту либо на отдельных листах.

В расчетно-пояснительной записке следует представить принятые (выбранные) решения (с пояснениями и обоснованиями) и привести окончательные результаты выполненных расчетов. Расчетные формулы представляют в общем виде (с пояснением входящих в них компонентов) и указанием численных значений исходных величин, принятых для расчета. Промежуточные результаты расчетов опускают. Конечные результаты расчетов рекомендуется представлять в пояснительной записке в виде таблиц (графиков), а выполненные в отдельных разделах расчеты – в общей (сводной) таблице.

На титульном листе следует представить типовые данные: наименование учебного заведения и кафедры, тему проекта, курс и номер группы, фамилию и инициалы студента, данные о руководителе, дату сдачи и защиты проекта.

В пояснительной записке представляют: содержание, введение, исходные данные для расчета (индивидуальное задание), содержание пояснительно-расчетной части, заключение, список литературы.

Во введении представляют краткую характеристику расчетной схемы СЭС, постановку задачи на проектирование, основные положения по проектированию, нормативные и директивные документы, используемые для проектирования релейной защиты и автоматики.

В пояснительно-расчетной части указывают требования ПУЭ к элементам СЭС, принятые решения по выбору соответствующих типов защит, расчет токов КЗ в типовых точках, принятые решения по выбору оборудования, выбор измерительных трансформаторов, расчеты установок по току и времени, карту селективности, принципиальные и структурные схемы защит и устройств автоматики. В этой части проекта обязательно следует приводить ссылки на используемую литературу.

Принципиальные схемы выполняют в разнесенном виде с представлением в спецификации параметров их элементов.

В расчетах следует представлять формулы, численные значения входящих в них величин и конечные результаты.

В заключении излагают выводы о соответствии принятых решений и полученных расчетных величин требованиям нормативных документов.

Обозначения и нумерация элементов СЭС и защит в разделах проекта должны соответствовать обозначениям, принятым на исходной расчетной схеме.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Тема курсового проекта: «Релейная защита типовых элементов СЭС».

Задание на проектирование: разработать защиту силового трансформатора, линии электропередачи, высоковольтного электродвигателя и устройств автоматики.

Исходные данные для расчета представлены на рис. 1 и в табл. 1. Они содержат сведения о параметрах энергосистемы (U_c – напряжение системы, соответствующее стороне высшего напряжения (ВН) подстанции; S_c – мощность системы) и нагрузках потребителей, присоединенных на стороне низшего напряжения (НН) подстанции.

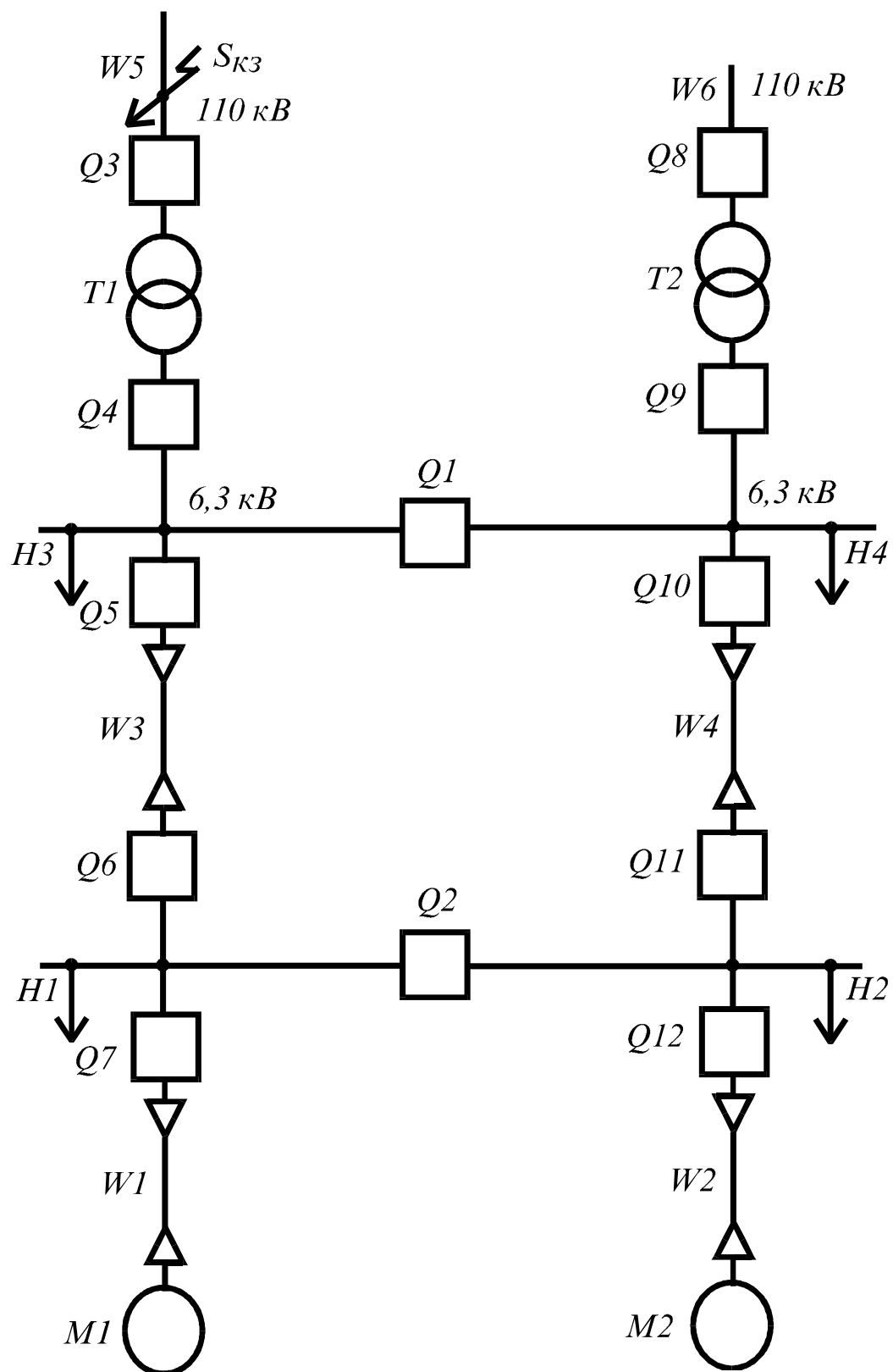


Рис. 1. Расчетная схема СЭС

Таблица 1

Параметры элементов расчетной схемы

Варианты	Мощность КЗ системы	Номинальная мощность электродвигателя	Данные по потребителям								Автоматика	
			нагрузка Н1 (Н2)			нагрузка Н3 (Н4)			длина линии			
			мощность	уставки защиты		мощность	уставки защиты					
	$S_{кз}$, МВА	P_a , МВт	S_H , МВА	$t_{сз}$, с	$I_{сз}$, кА	S_H , МВА	$t_{сз}$, с	$I_{сз}$, кА	L_l , км	L_{Σ} , км	АВР	АПВ
1	5000	2,0	4,0	0,8	0,21	2,5	1,2	0,32	3,0	14,0	Q1	–
2	4700	1,2	2,0	1,0	0,30	4,0	1,0	0,35	1,0	6,0	–	Н1
3	4000	1,6	3,2	0,8	0,42	8,0	1,6	0,40	2,5	10,0	Q2	–
4	3800	2,0	4,0	0,5	0,50	11,0	1,0	0,56	5,0	17,0	–	Н3
5	3500	1,25	1,5	0,7	0,30	3,0	0,9	0,35	2,0	12,0	Q1	–
6	3250	1,4	3,2	0,8	0,35	5,0	1,0	0,50	4,0	18,0	–	Н1
7	3000	1,6	1,5	0,5	0,25	7,0	1,2	0,60	3,0	11,0	Q2	–
8	2800	2,0	3,5	0,6	0,45	12,0	1,4	0,70	2,0	10,0	–	Н3
9	2500	2,2	2,5	0,7	0,14	2,8	1,3	0,41	5,0	20,0	Q1	–
10	2200	1,0	1,3	0,9	0,21	4,2	2,0	0,58	2,5	12,0	–	Н1
11	2000	1,25	1,5	0,8	0,20	7,7	1,4	0,65	3,0	15,0	Q2	–
12	1800	1,6	5,0	0,5	0,60	15,0	1,6	0,9	1,6	8,0	–	Н3
13	1000	2,0	4,0	0,6	0,55	17,0	1,0	1,0	2,0	15,0	Q1	–
14	1500	1,25	3,5	0,7	0,50	13,0	1,2	0,9	3,5	16,0	–	Н1
15	1700	2,0	2,5	0,9	0,40	7,0	1,6	1,0	1,8	10,0	Q2	–
16	2000	1,6	2,1	0,5	0,41	4,5	2,0	0,9	1,6	12,0	–	Н2

Продолжение табл. 1

Варианты	Мощность КЗ системы	Номинальная мощность электродвигателя	Данные по потребителям								Автоматика	
			нагрузка Н1 (Н2)			нагрузка Н3 (Н4)			длина линии			
			мощность	уставки защиты		мощность	уставки защиты					
	$S_{КЗ}$, МВА	P_a , МВт	S_H , МВА	$t_{сз}$, с	$I_{сз}$, кА	S_H , МВА	$t_{сз}$, с	$I_{сз}$, кА	L_1 , км	L_{Σ} , км	АВР	АПВ
17	2000	2,5	1,7	0,6	0,35	2,0	1,5	0,5	2,0	15,0	Q1	–
18	2500	2,0	1,0	0,7	0,25	3,2	1,8	0,6	1,3	7,0	–	Н3
19	2700	1,0	2,0	0,8	0,30	4,8	2,0	0,8	2,5	9,0	Q2	–
20	3000	1,25	3,0	1,0	0,40	3,8	1,5	0,8	3,0	20,0	–	Н1
21	3200	1,6	3,5	0,9	0,43	6,2	2,0	1,0	4,0	21,0	Q1	–
22	3500	1,25	3,0	0,8	0,43	7,5	1,0	1,0	5,0	17,0	–	Н2
23	3700	2,2	6,0	0,7	0,75	10,0	1,2	0,9	1,5	9,0	Q2	–
24	1000	2,0	4,5	0,6	0,60	11,0	1,4	0,85	2,0	11,0	–	Н3
25	1200	1,8	0,8	0,5	0,20	4,1	1,6	0,7	2,5	15,0	Q1	–
26	1500	1,0	1,2	0,6	0,20	3,5	1,8	0,8	3,0	14,0	–	Н1
27	1800	1,25	1,5	0,7	0,25	6,0	2,0	1,2	2,7	13,0	Q2	–
28	1500	1,6	2,5	0,8	0,40	4,2	1,9	0,8	2,2	10,0	–	Н2
29	2000	1,2	1,0	0,9	0,20	9,0	1,7	1,1	1,8	10,0	Q1	–
30	2200	2,2	1,5	1,0	0,29	3,0	1,5	0,6	1,5	10,0	–	Н3
31	2500	2,1	1,8	0,9	0,30	7,5	1,3	1,0	3,0	12	Q2	–
32	2700	1,6	3,0	0,8	0,40	15,5	1,1	1,1	4,0	20	-	Н1
33	2800	2,0	5,0	0,7	0,70	12,0	1,5	0,9	3,5	17	Q1	-

Продолжение табл. 1

Варианты	Мощность КЗ системы	Номинальная мощность электродвигателя	Данные по потребителям								Автоматика	
			нагрузка Н1 (Н2)			нагрузка Н3 (Н4)			длина линии			
			мощность	уставки защиты		мощность	уставки защиты					
	$S_{КЗ}$, МВА	P_a , МВт		S_H , МВА	$t_{CЗ}$, с		$I_{CЗ}$, кА	S_H , МВА	$t_{CЗ}$, с	$I_{CЗ}$, кА	L_1 , км	L_{Σ} , км
34	2900	1,2	3,0	0,6	0,50	6,0	2,0	1,0	4,5	17	–	Н2
35	3000	1,5	1,5	0,5	0,30	7,1	1,0	1,2	2,5	8	Q2	–
36	3400	2,2	2,0	0,5	0,30	5,0	1,0	0,9	1,5	9	–	Н3
37	3600	1,6	0,8	0,8	0,15	5,1	1,5	0,7	1,2	11	Q1	–
38	3900	1,5	7,0	0,6	0,80	14,0	2,0	1,0	2,8	12	–	Н1
39	4000	2,0	3,2	0,45	0,75	8,3	1,3	0,75	3,2	26	Q2	–
40	4200	1,7	2,7	0,75	0,60	16,0	0,9	1,1	2,5	15	–	Н1
41	4400	2,0	1,7	0,6	0,50	10,0	1,6	0,85	3,0	10	Q1	–
42	4500	1,3	3,5	0,7	0,60	15,0	1,0	1,0	2,0	20	–	Н3
43	4700	1,25	3,0	0,5	0,40	7,0	1,5	0,9	4,0	10	Q2	–
44	4900	2,3	2,0	1,0	0,30	4,0	1,0	0,35	1,0	6,0	–	Н1
45	5000	2,1	1,0	0,8	0,21	2,5	1,2	0,32	3,0	14	Q1	–
46	5200	2,2	3,5	0,6	0,45	12,0	1,4	0,70	2,0	10	–	Н3
47	5400	1,6	0,5	0,7	0,14	2,8	1,3	0,41	5,0	20	Q1	–
48	5600	1,25	3,5	0,7	0,50	13,0	1,2	0,9	3,5	16	–	Н1
49	5700	2,5	2,5	0,9	0,40	7,0	1,6	1,0	1,8	10	Q2	–
50	5800	2,0	1,0	0,7	0,25	3,2	1,8	0,6	1,3	7	–	Н3
51	6000	3,2	1,7	0,6	0,35	2,0	1,5	0,5	2,0	15	Q1	–

Продолжение табл. 1

Варианты	Мощность КЗ системы	Номинальная мощность электродвигателя	Данные по потребителям								Автоматика	
			нагрузка Н1 (Н2)			нагрузка Н3 (Н4)			длина линии			
			мощность	уставки защиты		мощность	уставки защиты					
	$S_{КЗ}$, МВА	P_a , МВт	S_H , МВА	$t_{CЗ}$, с	$I_{CЗ}$, кА	S_H , МВА	$t_{CЗ}$, с	$I_{CЗ}$, кА	L_l , км	L_{Σ} , км	АВР	АПВ
52	6300	1,25	3,0	1,0	0,40	3,8	1,5	0,8	3,0	20	—	Н1
53	6500	2,4	2,0	0,8	0,30	4,8	2,0	0,8	2,5	9	Q2	—
54	6700	2,2	3,0	0,8	0,43	7,5	1,0	1,0	5,0	17	—	Н2
55	6900	2,0	6,0	0,7	0,75	10,0	1,2	0,9	1,5	9	Q2	—
56	7000	1,4	1,2	0,6	0,20	3,5	1,8	0,8	3,0	14	—	Н1
57	7200	1,8	0,8	0,5	0,20	4,1	1,6	0,7	2,5	15	Q1	—
58	7400	1,6	3,0	0,8	0,40	15,5	1,1	1,1	4,0	20	—	Н1
59	7500	2,5	1,8	0,9	0,30	7,5	1,3	1,0	3,0	12	Q2	—
60	7700	2,5	1,5	1,0	0,29	3,0	1,5	0,6	1,5	10	—	Н3

Примечания.

1. Номинальное напряжение на стороне низшего напряжения составляет: для нечетных номеров вариантов – 6 кВ; для четных номеров вариантов – 10 кВ.

2. Мощность КЗ системы в минимальном режиме составляет 35 % от указанной в таблице.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

При выполнении курсового проекта следует отразить следующие основные положения:

- расчет токов КЗ для определения параметров срабатывания и проверки коэффициентов чувствительности разрабатываемых защит;
- выбор необходимых типов измерительных трансформаторов тока (ТА) и напряжения (ТВ), определение их коэффициентов трансформации и соответствующих параметров;
- определение токов срабатывания (уставок) защит, выбор соответствующих типов реле и проверку чувствительности защит;
- выбор выдержек времени срабатывания рассчитываемых защит;
- разработка принципиальных трехфазных схем защит;
- выбор и расчет устройства сетевой автоматики (АВР или АПВ в соответствии с вариантом задания) с представлением принципиальной схемы.

В курсовом проекте производится расчет релейной защиты типовых элементов СЭС: трансформатора Т1 (Т2), кабельной линии W3 (W4) и асинхронного двигателя М1 (М2).

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

4.1. Определение суммарной полной мощности потребителей подстанции и типов элементов выполняется упрощенно. Оно необходимо для выбора элементов расчетной схемы (силового трансформатора, ЛЭП и асинхронного двигателя) и определения их параметров.

Суммарную полную мощность трансформатора определяют как сумму полных мощностей на стороне низшего напряжения (НН), т. е. $S_{BH} = \sum_{i=1}^n S_{iHH}$, где i – количество присоединений на НН; S_i – полная мощность i -го присоединения.

4.2. Расчетную мощность трансформатора определяют по формуле

$$S_{расч.тр.} \geq (0,65 \dots 0,7) S_{ВН}.$$

Тип и номинальную мощность трансформатора определяют по типовому ряду [13] в сторону большей мощности.

При выполнении этого условия трансформатор обеспечивает питание всех потребителей в нормальном и аварийных режимах (и в том числе при срабатывании устройства автоматического включения резервного источника питания).

По заданной мощности трансформатора выбирают тип силового трансформатора с РПН (диапазон регулирования напряжения и напряжение короткого замыкания U_k , %) [13].

4.3. Расчетный ток фидера, питающего АД, принимают равным номинальному току двигателя (исходя из необходимости обеспечения продолжительного его режима работы). Сечение кабеля выбирают по расчетному току фидера [13].

Расчетный ток линии электропередачи, питающей шину (узел), определяют как сумму расчетных токов фидеров присоединений. Сечение проводов ЛЭП определяют по экономической плотности тока [13].

4.4. По заданной мощности асинхронного двигателя выбирают его тип [13], определяют его номинальный и пусковой токи, КПД, коэффициент мощности, номинальное и пусковое сопротивление.

4.5. При расчете токов КЗ определяют начальное значение периодической составляющей полного тока КЗ (сверхпереходный ток) при трехфазном и двухфазном металлическом КЗ в типовых точках. Полученные значения тока при трехфазном КЗ используют для расчета токов срабатывания (уставок) защит, а тока при двухфазном КЗ – для оценки коэффициентов чувствительности защит (в минимальном режиме работы системы). При этом принимают $I_K^{(2)} = 0,865 I_K^{(3)}$.

Относительные номинальные сверхпереходные сопротивления нагрузок секций принимают равным 0,35.

Максимальный и минимальный токи КЗ определяют с учетом диапазона РПН трансформатора и сопротивления системы. Сопротивления системы определяют по заданной мощности КЗ и напряжению на крайних ступенях РПН.

При вычислении токов КЗ сопротивления элементов СЭС

выражают в именованных или в относительных базисных единицах. Целесообразно расчеты токов вести при базисном напряжении, равном напряжению защищаемого элемента.

4.6. Проверку точности работы измерительных трансформаторов тока производят с использованием кривых предельной кратности [7].

4.7. Исходя из требований ПУЭ, определяют необходимые защиты для заданного элемента сети и производят их расчет.

4.8. На расчетной схеме указывают точки КЗ и номера защит. Значения токов КЗ представляют в табличной форме. Параметры разработанных защит указывают в сводной таблице.

4.9. Результаты расчета токов КЗ представляют в табличном виде с указанием расчетной точки. Для каждой расчетной точки определяют максимальные (при трехфазном КЗ) и минимальные (при двухфазном КЗ) токи КЗ.

4.10. Расчеты ЛЭП по термической стойкости и электродинамической устойчивости не требуются. Способ прокладки кабелей – траншейный. Все потребители относятся к первой категории. Режим работы двигателей – продолжительный.

В содержании курсового проекта следует отразить следующие разделы и подразделы.

Введение

1. Задание на курсовой проект
2. Выбор элементов СЭС
 - 2.1. Выбор электродвигателя
 - 2.2. Выбор ЛЭП
 - 2.3. Выбор силового трансформатора
3. Расчет токов КЗ
 - 3.1. Выбор базисных условий
 - 3.2. Схема замещения, расчет параметров элементов

СЭС и токов КЗ

4. Защита электродвигателя
5. Защита силового трансформатора
6. Защита линии электропередачи
7. Проверка трансформатора тока на точность работы
8. Расчет параметров устройства автоматики

Заключение

Список литературы

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов / В. А. Андреев. – М.: Высш. шк., 2007. – 639 с.

2. Чернобровов, Н. В. Релейная защита энергетических систем: учеб. для техн. / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.

Дополнительная литература

3. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов / В. А. Андреев. – М.: Высш. шк., 1991. – 496 с.

4. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 854 с.

5. Чернобровов, Н. В. Релейная защита: учеб. для техн. / Н. В. Чернобровов. – М.: Энергия, 1974. – 680 с.

6. Федосеев, А. М. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие для вузов / А. М. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 520 с.

7. Шабад, М. А. Расчеты релейной защиты и автоматических распределительных сетей / М. А. Шабад. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.

8. Шабад, М. А. Защита трансформаторов 10 кВ / М. А. Шабад. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 144 с.

9. Линт, Г. Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах / Г. Э. Линт. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.

10. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: НЦ ЭНАС, 2001. – 152 с.

11. Беркович, М. А. Автоматика энергосистем: учеб. для техн. / М. А. Беркович, В. А. Гладышев, В. А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.

12. Александров, К. К. Электрические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

13. Неклепаев, В. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / В. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

14. Корогодский, В. И. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ / В. И. Корогородский, С. Л. Кутеков, Л. Б. Панерко. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 298 с.

15. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев; под ред. А. Ф. Дьяковой. – М.: МЭИ, 2002. – 296 с.

Методические издания

16. Соколов, Б. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: методические указания к практическим занятиям для студентов направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / Б. В. Соколов; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электроснабжения горн. и пром. предприятий. – Кемерово, 2015. – 106 с. <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=8499>