

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

**Задания и методические указания к выполнению контрольной работы
по дисциплине «Электрические станции и подстанции»
для студентов заочной формы обучения
направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Курган 2018

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Электрические станции и подстанции» (направление
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»)

Составил: ст.преподаватель С.Ю. Помялов

Утверждены на заседании кафедры « 29 » января 2018 г.

Рекомендованы методическим советом университета

« » 2018 г.

1 Требования к выполнению контрольной работы

Контрольные работы для студентов заочной формы обучения являются важнейшим средством проверки усвоения теоретических разделов дисциплины.

Контрольная работы должна быть выполнена на формате А4 с соблюдением необходимых требований согласно ГОСТ 7.32 – 2001 (с изм. 2005г.).

Структурные элементы контрольной работы:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников.

Тема контрольной работы «Выбор электрооборудования трансформаторной подстанции». Контрольная работа состоит из теоретических вопросов и практических задач.

Варианты для выполнения контрольной работы выбираются согласно списочному номеру. Для определения номеров задач и вопросов, соответствующих варианту, следует пользоваться таблицей 1.

Таблица 1 - Номера задач и вопросов, соответствующих варианту

Вариант	Номера задач и вопросов	Вариант	Номера задач и вопросов
1	1, 12, 23, 33	16	1, 17, 28, 40
2	2, 13, 24, 34	17	8, 18, 29, 33
3	3, 14, 25, 35	18	9, 19, 30, 34
4	4, 15, 26, 36	19	10, 20, 21, 35
5	5, 16, 27, 37	20	1, 11, 22, 36
6	6, 17, 28, 38	21	2, 12, 23, 37
7	7, 18, 29, 39	22	3, 13, 24, 38
8	8, 19, 30, 40	23	4, 14, 25, 39
9	9, 20, 21, 33	24	5, 15, 26, 40
10	10, 11, 22, 34	25	6, 16, 27, 39
11	2, 12, 23, 35	26	7, 17, 28, 38
12	3, 13, 24, 36	27	8, 18, 29, 37
13	4, 14, 25, 37	28	9, 19, 30, 36
14	5, 15, 26, 38	29	10, 13, 23, 35
15	6, 16, 27, 39	30	1, 14, 24, 34

2 Методические указания к выполнению контрольной работы

Твердые знания основных положений, связанных с расчетами токов КЗ - неперемное условие успешного изучения в дальнейшем порядка выбора электрооборудования и токоведущих частей подстанций, расчета релейной защиты присоединений.

Первоначально следует изучить виды КЗ и процесс изменения тока при коротком замыкании в системах с неограниченной и ограниченной мощностью. При этом необходимо отчетливо усвоить возникновение отдельных составляющих тока КЗ - периодической, аperiodической и ударного тока КЗ.

После этого надо приступить к изучению методов расчета тока КЗ. Обязательно надо представлять достоинства и недостатки каждого из них и в каких случаях их следует применять. Для закрепления изученного материала необходимо внимательно рассмотреть имеющиеся в учебнике примеры, относящиеся к расчетам токов КЗ. В заключение надо разобраться в термическом и динамическом действиях тока КЗ.

После того как будет усвоен материал, связанный с расчетами тока КЗ, следует перейти к изучению условия выбора электрооборудования и токоведущих частей. При этом обязательно должен быть использован имеющийся в учебнике пример. Чтобы лучше запомнить каждое из условий выбора, надо понять, чем они вызваны.

Для вычисления токов КЗ по заданной схеме питания подстанции (рисунок 1) составляют расчетную схему цепи КЗ, которая представляет упрощенную однолинейную электрическую схему с указанием тех элементов цепи КЗ, которые влияют на величину тока КЗ. Около каждого из этих элементов проставляют его порядковый номер и необходимые для расчета данные: мощность КЗ на шинах питающей районной подстанции S_K , длину высоковольтных линий, номинальную мощность $S_{ном.тр}$ и напряжение КЗ u_K понижающих трансформаторов.

Приводят средние расчетные напряжения ступеней $U_{ср}$, указывают характерные точки электроустановки, в которых требуется определить токи КЗ. Для каждой из характерных точек следует указать выдержку времени срабатывания релейной защиты $t_{рз}$. Значение средних расчетных напряжений указаны.

По расчетной схеме составляют электрическую схему замещения одной фазы. При этом все элементы расчетной схемы заменяют соответствующими относительными сопротивлениями, каждое из которых обозначают дробью. В числителе проставляется порядковый номер, сохраняемый за сопротивлением до конца расчета, в знаменателе - значение относительного базисного сопротивления. Для уменьшения тока КЗ на шинах вторичного напряжения подстанции при понижающих трансформаторах с номинальной мощностью $S_{ном.тр} = 25$ МВ·А и более следует принять отдельную работу трансформаторов с отключенным секционным выключателем и в схему замещения вводить лишь сопротивление одного из них.

Путем постепенного преобразования схему замещения приводят к наиболее простому виду, так чтобы источники питания были связаны с точкой КЗ

одним результирующим сопротивлением $X_{\delta\Sigma}$. При этом сначала определяют сопротивление до точки К1, а затем - К2. Сопротивление до точки К2 равно сопротивлению до точки К2.

Зная суммарные сопротивления до точек К3, вычисляют токи при К3 в заданных точках подстанции. В связи с тем, что мощность генераторов электрических станций не известна, расчет выполняют аналитическим методом, используя принятое при вычислении относительных сопротивлений значение базисной мощности S_6 . При расчете удобнее всего принять $S_6 = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Для определения базисного тока I_6 , действующего значения периодической составляющей трехфазного тока КЗ I_k , мощности трехфазного КЗ S_k , ударного тока i_y и теплового импульса тока КЗ V_k используют расчетные выражения, приведенные в учебнике. Следует учесть, что для точки К2 надо определить лишь V_k , так как значения прочих величин совпадают со значениями соответствующих величин для точки К2.

При выборе оборудования и шин распределительных устройств предварительно надо определить наибольший рабочий ток $I_{\text{раб.макс}}$ заданного присоединения по расчетным формулам, приведенным в примере.

Если при расчете тока КЗ в точке К2 была принята раздельная работа понижающих трансформаторов, то при определении рабочего тока шин вторичного напряжения необходимо учитывать лишь мощность одного трансформатора.

Выбор электрических аппаратов и сборных шин производят по рабочему режиму путем сравнения рабочего напряжения и наибольшего рабочего тока в месте установки аппарата с его номинальным напряжением и током. Выбранный аппарат проверяют на стойкость токам КЗ путем сравнения паспортных параметров аппарата с максимальными значениями величин, полученных в результате расчета токов КЗ. Номинальные параметры аппарата могут быть, приняты по любому электротехническому справочнику или по табл.4, 5, 6, 7 методических указаний.

В закрытых РУ 10 кВ применяются жесткие алюминиевые шины прямоугольного сечения, уложенные на опорных изоляторах.

В открытых РУ 35 кВ применяют гибкие шины, выполненные проводами марки АС, закрепленные на гирляндах подвесных изоляторов. В контрольной работе можно принять длину пролета (расстояние между соседними опорными изоляторами) в РУ 10 кВ $l = 1 \text{ м}$, расстояние между осями шин $a = 0,25 \text{ м}$.

Выбранные жесткие шины проверяют по термической и электродинамической стойкости токам КЗ, выбранные гибкие шины ОРУ проверяют по термической стойкости и по условию отсутствия коронирования.

При выборе электрооборудования присоединения линий потребителей следует учесть, что время отключения тока КЗ на линиях меньше времени действия тока при КЗ на шинах. Поэтому проверку на термическую стойкость электрооборудования указанных присоединений надо выполнять по значению теплового импульса, вычисленного для точки К2'. Следует выбирать современные типы аппаратуры.

3 Задания на контрольную работу

Дана однолинейная схема трансформаторной подстанции (рисунок 1), получающей питание с двух питающих пунктов РП-1 и РП-2.

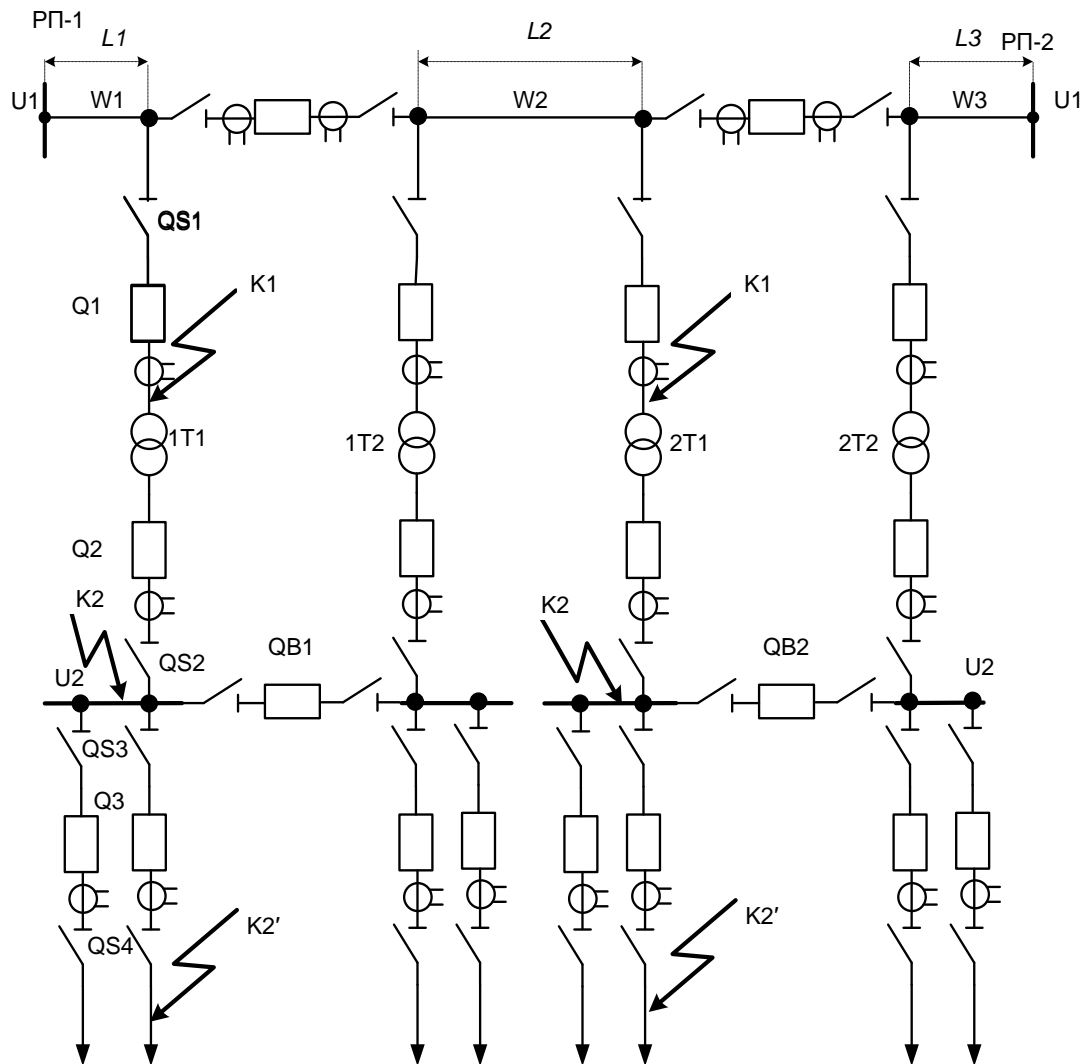


Рисунок 1 – Схема питания подстанции

Задачи 1-10. Определить токи и мощности короткого замыкания (КЗ), значения тепловых импульсов (интегралов Джоуля) тока КЗ для заданных характерных точек трансформаторной подстанции, схема которой изображена на рисунке 1. Необходимые исходные величины для расчета по собственному варианту приведены в таблице 2. Выдержка времени срабатывания релейной защиты $t_{рз}$ следующая:

- защиты линий потребителя, присоединенного к шинам напряжения U_2 - 0,5 с;
- защиты присоединения вторичной обмотки понижающего трансформатора – 1,5 с;
- защиты присоединения первичной обмотки понижающего трансформатора – 2,0 с.

Таблица 2 – Исходные данные

Исходные данные	Един. измер.	Задачи									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность КЗ энергосистемы на шинах РП-1	МВ·А	4500	4000	6000	800	1400	1000	1300	500	600	300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах РП-1	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина ВЛ											
l_1	км	70	60	90	42	35	26	30	10	8	15
l_2	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
l_3	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции		ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформаторов											
$1T_1$ и $1T_2, S_{ном1T}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
$2T_1$ и $2T_2, S_{ном2T}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ тр-ра, u_k	%	20	12,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Примечание: для трансформаторов с напряжением $U_1 = 220$ кВ приведены значения u_k между двумя обмотками трёхобмоточного трансформатора.

Задачи -11-20. Используя результат расчета токов короткого замыкания и исходные данные в предыдущей задаче 1 – 10, произведите выбор и проверку на стойкость тока короткого замыкания сборных шин и изоляторов для крепления сборных шин для распределительного устройства вторичного напряжения U_2 .

Задача 21, 22, 23. Произведите выбор и проверку на стойкость тока короткого замыкания высоковольтного выключателя, разъединителя и отдельно стоящего трансформатора тока в цепи присоединения вторичной обмотки понижающего трансформатора к шинам распределительного устройства. При выполнении задачи используйте результаты расчета токов короткого замыкания и исходные данные в задаче 1-10.

Задачи 24, 25, 26. Произведите выбор и проверку на стойкость тока короткого замыкания высоковольтного выключателя, разъединителя и отдельно стоящих трансформаторов тока в цепи присоединения первичной обмотки по-

нижающего трансформатора. При выполнении задачи используйте результаты расчета токов КЗ и исходные данные в задаче 1-10.

Задачи 27, 28, 29, 30. Произведите выбор и проверку на стойкость токам короткого замыкания высоковольтного выключателя, разъединителя и отдельно стоящих трансформаторов тока питающей линии потребителя, присоединенной к шинам вторичного напряжения подстанции.

Наибольший рабочий ток линии принять:

для задачи 27 – $I_{\text{раб.макс}} = 140 \text{ А}$;

для задачи 28 – $I_{\text{раб.макс}} = 180 \text{ А}$;

для задачи 29 – $I_{\text{раб.макс}} = 280 \text{ А}$;

для задачи 30 – $I_{\text{раб.макс}} = 490 \text{ А}$;

При выполнении задачи используйте результаты расчета токов КЗ и исходные данные в задаче 1-10.

Вопрос 31. Укажите виды коротких замыканий и последствия КЗ. Поясните особенности замыкания одной фазы на землю в системах с изолированной и с заземленной нейтралью. Начертите соответствующие векторные диаграммы напряжений и токов.

Вопрос 32. Поясните особенности и порядок расчета токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.

Вопрос 33. Поясните системы охлаждения силовых трансформаторов; схемы и группы соединения обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов. Поясните условное буквенное обозначение типа трансформаторов. Объясните обозначение трансформатора ТДН-16000/110 УХЛ 1.

Вопрос 34. Поясните назначение и конструкции измерительного трансформатора тока типа ТПЛ - 10. Начертите схемы соединения вторичных обмоток ТТ, поясните особенности, область применения каждой схемы. Расшифруйте обозначение ТЛМ-10-0,5/3-400 и рассчитайте коэффициент трансформации ТТ. Укажите основные правила техники безопасности при обслуживании измерительных ТТ.

Вопрос 35. Поясните назначение и особенности конструкции измерительного трансформатора напряжения типа ЗНОЛ-10, объясните его обозначение. Начертите схему соединения его обмоток, поясните ее. Укажите, какие приборы могут подключаться к вторичным обмоткам ТН.

Вопрос 36. Поясните назначение и укажите область применения коммутационных и защитных аппаратов напряжением до 1 кВ. Укажите основные элементы каждого аппарата. Поясните принцип работы различных расцепителей автоматических выключателей.

Вопрос 37. Поясните назначение высоковольтных выключателей переменного тока напряжением выше 1 кВ. Укажите основные элементы выключателя ВВ/ТЕЛ-10. Поясните принцип гашения дуги.

Вопрос 38. Приведите классификацию высоковольтных выключателей переменного тока. Поясните конструкции вакуумного выключателя на 10 кВ. Укажите достоинства вакуумных выключателей и их типы.

Вопрос 39. Поясните назначение и конструкцию разъединителей. Укажите виды разъединителей.

Вопрос 40. Поясните назначение приводов высоковольтных выключателей /ВВ/ переменного тока и их классификацию. Начертите принципиальную схему управления ВВ на постоянном оперативном токе. Схема должна предусматривать оперативное включение, отключение и сигнализацию положения. Поясните действие схемы при оперативном включении и отключении.

Список литературы

1 Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козина; под ред. В.А. Старшинова.- М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 296 с.

2 Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные и методические материалы для выполнения квалификационных работ: учебно-справочное пособие для вузов / И.П. Крючков, М.В. Пираторов, В.А. Старшинов; под ред. И.П. Крючкова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015.- 138 с.