## **Содержание**

[Содержание 2](#_Toc350438083)

[Задание на курсовую работу: 2](#_Toc350438084)

[Исходные данные по вариантам 2](#_Toc350438085)

[Методические рекомендации по выполнению курсовой работы 6](#_Toc350438086)

[Список литературы 8](#_Toc350438087)

## **Задание на курсовую работу:**

**Задача 1.** Рассчитать для трехфазного к.з. в заданной точке:

* Начальное значение периодической составляющей тока к.з. в точке к.з. и на шинах источников (расчет произвести двумя методами - в именованных и в относительных единицах, осуществлять точный учет коэффициентов трансформации)
* Ударный ток в точке к.з.
* Значение периодической составляющей тока в точке к.з. к моменту его снятия (*t*откл).

**Задача 2.** Рассчитать для трех видов несимметричных к.з. в точке ***К-1*** начальное значение периодической составляющей тока к.з. аварийных фаз в точке к.з. и на шинах источников (расчет провести любым из методов, использовать приближенный учет коэффициентов трансформации)

## **Исходные данные по вариантам**

Ссылочные номера данных в зависимости от варианта задания приведены в Табл. 1. В ней ссылки на схемы (***А-Б***) соответствуют Рис. 1, а цифровые ссылки в столбцах С, СГ, СД, АД и ВЛ указывают номера строк в Табл. 2 каталожных данных соответствующего оборудования. По незаполненным позициям ссылочных номеров (в столбцах КЛ, Т, Р и Н) следует самостоятельно выбрать оборудование из Табл. 2 и проставить соответствущие ссылочные номера в строке Табл. 1, соответствующей индивидуальному варианту.

Закрашенный выключатель в табл. 1 соответствует положению «В РАБОТЕ», не закрашенный – положению «ВЫКЛЮЧЕН». (Т.е. во включенном положении ток потечёт по пути меньшего сопротивления - через выключатель, тогда в расчётах реактор не учитываем. В отключенном положении, реактор учитываем).

Табл. 1 – Исходные данные по вариантам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | Схема | Состо- | | Точка к.з. к Задаче I | *t*откл, с | Ссылочные номера строк для Табл. 2 | | | | | | | | | | | | |
| яние | | С | СГ | СД | | АД | ВЛ | | КЛ | Т | | Р | Н | |
| выкл-й | |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| **1** | ***А*** |  |  | *K-3* | *0,1* | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| **2** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 2 | 3 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **3** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 1 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |
| **4** | ***А*** |  |  | *К-3* | *0,2* | 1 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| **5** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 1 | 5 | 1 | 2 | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |
| **6** | ***Б*** |  |  | *К-3* | *0,1* | 1 | 2 | 4 |  |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| **7** | ***А*** |  |  | *К-3* | *0,2* | 1 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 |  |  |  |  |  |  |
| **8** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 |  |  |  |  |  |  |
| **9** | ***А*** |  |  | *К-3* | *0,2* | 2 | 2 | 2 | 5 | 1 | 2 | 5 |  |  |  |  |  |  |
| **10** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,1* | 1 | 3 | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **11** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 4 | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| **12** | ***Б*** |  |  | *К-3* | *0,1* | 2 | 1 | 3 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| **13** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 3 | 1 | 5 | 1 | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |
| **14** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 5 | 2 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| **15** | ***А*** |  |  | *К-3* | *0,1* | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 5 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| **16** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 |  |  |  |  |  |  |
| **17** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,1* | 1 | 5 | 1 |  |  | 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| **18** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 4 |  |  |  |  |  |  |
| **19** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,1* | 2 | 2 | 3 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **20** | ***А*** |  |  | *K-3* | *0,1* | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| **21** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 1 | 2 | 4 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **22** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 2 | 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |
| **23** | ***А*** |  |  | *К-3* | *0,2* | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| **24** | ***Б*** |  |  | *К-3* | *0,2* | 2 | 2 | 4 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **25** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,1* | 1 | 3 | 4 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **26** | ***А*** |  |  | *К-3* | *0,1* | 1 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| **27** | ***Б*** |  |  | *К-2* | *0,2* | 1 | 2 | 3 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **28** | ***А*** |  |  | *К-2* | *0,1* | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| ***А)*** | ***Б)*** |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Рис. 1. Расчетные схемы

Табл. 2 – Каталожные данные электрооборудования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Т: Трехобмоточные трансформаторы*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| № | Тип | | | | | | | Напряжение, кВ | | | | | | | | | | | | | | | Pкз, кВт | | | | uк,% | | | | | | | | | | | | | |
| ВН | | СН | | | | | | НН | | | | | | | ВН-СН | | | | | ВН-НН | | | | | СН-НН | | | |
| 1 | ТДТН-10000/110 | | | | | | | 115 | | 38,5 | | | | | | 11 (6,6) | | | | | | | 76 | | | | 10,5 | | | | | 17 | | | | | 6 | | | |
| 2 | ТДТН-16000/110 | | | | | | | 115 | | 38,5 | | | | | | 11 (6,6) | | | | | | | 96 | | | | 10,5 | | | | | 17 | | | | | 6 | | | |
| 3 | ТДТН-25000/110 | | | | | | | 115 | | 38,5 (11) | | | | | | 11 (6,6) | | | | | | | 140 | | | | 10,5 | | | | | 17,5 | | | | | 6,5 | | | |
| 4 | ТДТН-40000/110 | | | | | | | 115 | | 38,5 (11) | | | | | | 11 (6,6) | | | | | | | 200 | | | | 10,5 | | | | | 17,5 | | | | | 6,5 | | | |
| 5 | ТДТН-63000/110 | | | | | | | 115 | | 38,5 (11) | | | | | | 11 (6,6) | | | | | | | 290 | | | | 10,5 | | | | | 17,5 | | | | | 6,5 | | | |
| 6 | ТДТН-80000/110 | | | | | | | 115 | | 38,5 (11) | | | | | | 11 (6,6) | | | | | | | 390 | | | | 10,5 | | | | | 18,5 | | | | | 7 | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***Т: Двухобмоточные трансформаторы*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | ***С: Внешняя система*** | | | | | | | | | |
| № | | Тип | | | | | Напряжение, кВ | | | | | | | | | | | | Pкз, кВт | | | | | uк,% | | | | № | | Iкз(3), кА | | | | | Sкз(3), МВА | | |
| ВН | | | | | НН | | | | | | |
| 1 | | ТДН-10000/110 | | | | | 115 | | | | | 11 | | | | | | | 58 | | | | | 10,5 | | | | 1 | | 50 | | | | |  | | |
| 2 | | ТДН-16000/110 | | | | | 115 | | | | | 11 | | | | | | | 85 | | | | | 10,5 | | | | 2 | |  | | | | | 1000 | | |
| 3 | | ТДН-40000/110 | | | | | 121 | | | | | 10,5 (6,3) | | | | | | | 175 | | | | | 10,5 | | | |  | | | | | | | | | |
| 4 | | ТДЦ-80000/110 | | | | | 121 | | | | | 10,5 (6,3) | | | | | | | 310 | | | | | 11 | | | | ***Н: Нагрузка (6 кВ, 10 кВ)*** | | | | | | | | | |
| 5 | | ТМ-6300/35 | | | | | 35 | | | | | 11 | | | | | | | 46,5 | | | | | 7,5 | | | |
| 6 | | ТДНС-10000/35 | | | | | 36,75 | | | | | 10,5 | | | | | | | 60 | | | | | 8 | | | | № | | PН, МВт | | | | | cos | | |
| 7 | | ТДНС-16000/35 | | | | | 36,75 | | | | | 10,5 | | | | | | | 85 | | | | | 10 | | | | 1 | | 6 | | | | | 0,8 | | |
| 8 | | ТДНС-25000/35 | | | | | 36,75 | | | | | 10,5 | | | | | | | 115 | | | | | 10,5 | | | | 2 | | 7 | | | | | 0,8 | | |
| 9 | | ТМ-4000/10 | | | | | 10 | | | | | 6,3 | | | | | | | 33,5 | | | | | 7,5 | | | | 3 | | 10 | | | | | 0,81 | | |
| 10 | | ТМ-6300/10 | | | | | 10 | | | | | 6,3 | | | | | | | 46,5 | | | | | 7,5 | | | | 4 | | 16 | | | | | 0,82 | | |
| 11 | | ТДНС-10000/10 | | | | | 10,5 | | | | | 6,3 | | | | | | | 80 | | | | | 8 | | | | 5 | | 60 | | | | | 0,85 | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***СГ: Синхронные генераторы*** | | | | | | | | | | | | | | |  | | | ***СД: Синхронные двигатели (6 кВ, 10 кВ)*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| № | Тип | | | | | cosном | | | | | | | x"d | | № | | | Тип | | | | | | | | | cosном | | | | | x"d | | | | | ,  |
| 1 | ТВС-25Т3 | | | | | 0,8 | | | | | | | 0,13 | | 1 | | | СТД-630 | | | | | | | | | 0,92 | | | | | 0,157 | | | | | 84 |
| 2 | ТВС-32У2 | | | | | 0,8 | | | | | | | 0,15 | | 2 | | | СТД-800 | | | | | | | | | 0,89 | | | | | 0,162 | | | | | 87 |
| 3 | ТВФ-63-2ЕУ3 | | | | | 0,8 | | | | | | | 0,14 | | 3 | | | СТД-1000 | | | | | | | | | 0,92 | | | | | 0,138 | | | | | 85 |
| 4 | ТВФ-100-2У3 | | | | | 0,8 | | | | | | | 0,19 | | 4 | | | СТД-1250 | | | | | | | | | 0,87 | | | | | 0,15 | | | | | 85 |
| 5 | ТВФ-110-2ЕУ3 | | | | | 0,8 | | | | | | | 0,19 | | 5 | | | СТД-1600 | | | | | | | | | 0,90 | | | | | 0,145 | | | | | 88 |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***АД: Асинхронные двигатели (6 кВ, 10 кВ)*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | ***Р: Реакторы (6 кВ, 10 кВ)*** | | | | | | | | | | | | | | | |
| № | | | Тип | | cosном | | | | | | Iп/Iном | | | | | | ,  | | | | | № | | | | Iном, кА | | | | | | | xр% | | | | x/r |
| 1 | | | 2АЗЛ-1600 | | 0,92 | | | | | | 6 | | | | | | 96,8 | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | 5,7 | | | | 60 |
| 2 | | | 2АЗМ-1000 | | 0,89 | | | | | | 5 | | | | | | 95,8 | | | | | 2 | | | | 0,6 | | | | | | | 5,5 | | | | 35 |
| 3 | | | 2АЗМ-800 | | 0,9 | | | | | | 5,2 | | | | | | 95,8 | | | | | 3 | | | | 2 | | | | | | | 8 | | | | 70 |
| 4 | | | 2АЗМ-1250 | | 0,89 | | | | | | 5,5 | | | | | | 96,3 | | | | | 4 | | | | 4 | | | | | | | 8,5 | | | | 80 |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***ВЛ: Воздушные линии*** | | | | | | | | | | | | | |  | | | ***КЛ: Кабельные линии*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| № | Длина, км | | | х1, Ом/км на одну цепь | | | | | х0 / х1 | | | | | № | | | Длина, м | | | | | | Сопротивление жилы, Ом/км | | | | | | | | | | | | | | |
| Активное | | | | | | | | Индуктивное | | | | | | |
| 1 | 7,5 | | | 0,4 | | | | | 3,5 | | | | | 6 кВ | | | | | 10 кВ | |
| 2 | 7,5 | | | 0,35 | | | | | 3,5 | | | | | 1 | | | 40 | | | | | | 0,74 | | | | | | | | 0,085 | | | | | 0,09 | |
| 3 | 13 | | | 0,32 | | | | | 3,5 | | | | | 2 | | | 60 | | | | | | 1,28 | | | | | | | |
| 4 | 13 | | | 0,35 | | | | | 3 | | | | | 3 | | | 200 | | | | | | 0,54 | | | | | | | | 0,079 | | | | | 0,09 | |
| 5 | 25 | | | 0,32 | | | | | 3 | | | | | 4 | | | 300 | | | | | | 0,92 | | | | | | | |

## **Методические рекомендации по выполнению курсовой работы**

При изучении переходных процессов различают электромагнитные и электромеханические процессы (хотя это деление условно):

* Под электромагнитными процессами в электроэнергетической системе понимают процессы, вызванные возмущениями в ней (короткие замыкания, сброс и наброс нагрузки, отключения ЛЭП) и связанные с перераспределением электрической и электромагнитной энергии в электрических и электромагнитных цепях.
* Под электромеханическими переходными процессами понимают процессы, вызванные возмущениями, которые вызывают изменение взаимного положения роторов синхронно вращающихся электрических машин, значительное изменение скольжения асинхронных двигателей.

Электромагнитные процессы предшествуют электромеханическим, поскольку протекают значительно быстрее последних (электромагнитные инерционные постоянные в несколько раз меньше электромеханических инерционных постоянных времени).

Существующая нормативная документация регламентирует выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания (ПУЭ), методы расчета токов короткого замыкания (ГОСТ 27514-87, ГОСТ 29176-91, ГОСТ2825-91).

Расчеты токов КЗ проводятся с целью выбора и проверки электрооборудования по условиям короткого замыкания; выбора уставок и оценки возможного действия релейных защит; влияния токов нулевой последовательности линий электропередачи на линии связи; выбора заземляющих устройств.

Общие положения, регламентированные в [1, 2], при расчете токов КЗ состоят в следующем.

* Регламентированы четыре вида коротких замыканий – трехфазное КЗ (обозначение – К(3)), двухфазное КЗ – К(2), двухфазное КЗ на землю – К(1,1), однофазное КЗ – К(1). При выборе оборудования расчетным принимается такой вид КЗ в анализируемой схеме, при котором токи КЗ наибольшие.
* Токи КЗ допускается определять путем аналитических расчетов с использованием эквивалентных схем замещения.
* При расчете токов КЗ должны быть учтены все синхронные генераторы и компенсаторы, а также синхронные и асинхронные электродвигатели мощностью 100 кВт и более, если эти электродвигатели не отделены токоограничивающими реакторами или силовыми трансформаторами.
* Допускается не учитывать:
* сдвиг по фазе ЭДС и изменения частоты вращения роторов синхронных генераторов, компенсаторов и электродвигателей;
* ток намагничивания трансформаторов и автотрансформаторов;
* насыщение магнитных систем электрических машин;
* поперечную емкостную проводимость воздушных линий электропередачи напряжением ниже 330 кВ, если их длина не превышает 200 км.

Изложение пояснительной записки должно быть кратким; при оформлении расчетов должна быть представлена формула с последующей подстановкой в нее числовых значений. Результаты повторяющихся расчетных процедур (в том числе рассчитанные значения токов короткого замыкания) могут быть сведены в таблицу. Схемы выполняются с использованием стандартных обозначений в соответствии с ЕСКД.

## **Список литературы**

1. Правила устройства электроустановок. - М.:ЭНАС, 2011 г.
2. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.
3. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.
4. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.3. Кн.1. Производство, передача и распределение электрической энергии. - М.: Энергоиздат, 1982. Раздел 36. Токи к.з. и выбор электрических аппаратов.
5. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам – М.: Энергия, 1968 г.
6. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергия, 1980 г.
7. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. /Под ред. Веникова В.А. 1983 г.
8. Кычаков В. П. Математическое описание и математическое моделирование переходных процессов в электрических системах. Вычислительные методы анализа: учеб.пособие для студентов дневной и заоч. форм обучения направления подгот. 140200 - "Электроэнергетика" / В. П. Кычаков. - Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2008. - 287 с. : a-ил
9. Короткие замыкания и несимметричные режимы электроустановок : учеб.пособие по специальностям "Электрические станции", "Электроснабжение"/ И. П. Крючков [и др.].. - 2-е изд., стер. - М. : Издательский дом МЭИ, 2011.- 471 с. : a-ил
10. Винославский В.Н. и др. – Переходные процессы в системах электроснабжения. – Киев, Высш. Школа. 1989