

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 19.10.2023 15:13:24
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1dehd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Рязанский институт (филиал)

Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Энергетические системы и точное машиностроение»

А.Ю. Мельников, Е.И. Лопатин

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Методические указания по выполнению
практических заданий

Рязань
2022

УДК 621.311
ББК 31.28
М48

Мельников, А.Ю.

М48 Режимы работы электрооборудования станций и подстанций: методические указания по выполнению практических заданий / А.Ю. Мельников, Е.И. Лопатин. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2022. – 24 с.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника всех форм обучения. Они соответствуют рабочей программе и используются в ходе проведения практических занятий по дисциплине «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций».

Методические указания содержат индивидуальные практические задания, краткие рекомендации по решению задач и контрольные вопросы.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 621.311
ББК 31.28

© Мельников А.Ю., Лопатин Е.И., 2022
© Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2022

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 4 |
| 1 Практическое задание № 1. Расчёта параметров схемы замещения для трёхфазного короткого замыкания на шинах высокого напряжения автотрансформатора | 7 |
| 2 Практическое задание № 2. Расчёта работы генератора электростанции в зависимости от режимов его работы | 11 |
| 3 Практическое задание № 3. Расчёта предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости электрической системы | 14 |
| 4 Практическое задание № 4. Расчёта токораспределения при параллельной работе трёхобмоточных трансформаторов на двух обмотках при работе третьей на выделенную нагрузку | 17 |
| Заключение..... | 21 |
| Библиографический список | 22 |

Введение

Настоящие методические указания по выполнению практических заданий предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Выполнение практических заданий ставит целью закрепление изучаемого теоретического материала по курсу «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций», приобретение инженерных навыков расчёта основных эксплуатационных характеристик электрооборудования станций и подстанций, развитие творческих способностей студента при решении задачи.

Перед выполнением практических заданий необходимо рассмотреть задание, изучить соответствующие теоретические вопросы и методику решения поставленных задач.

Современная электрическая система характеризуется значительной сложностью, которая определяется как структурой схемы электрических соединений системы, так и сложностью физических процессов, связанных с работой системы в нормальных, аварийных и послеаварийных условиях.

Режим работы электрических систем описывается системой алгебраических и дифференциальных уравнений. Число уравнений зависит от количества элементов, связанных в схеме электрической системы процессом производства, передачи и потребления электрической энергии, а также определяется характером исследуемого явления и точностью отражения характеристик элементов системы в расчёте.

В основу математических операций или математической модели при расчётах режимов работы электрической системы положена её схема замещения – представление каждого элемента электрической системы индуктивностями, ёмкостями или активными сопротивлениями и соединение их в электрическую цепь.

Задача по расчётам различных режимов работы электрических систем в настоящее время успешно решается путём применения соответствующих мате-

матических методов. Однако даже при применении современных вычислительных средств расчёты режимов с учётом всех или большинства явлений, происходящих в элементах электрической системы, представляют весьма трудоёмкую задачу. Поэтому во многих случаях инженерных расчётов вводятся допущения, целью которых является упрощение вычислений и в то же время выделение у исследуемого процесса свойства, которое является главным при решении поставленной задачи.

При выполнении вариантов практических заданий применяются следующие допущения:

1) сложная электрическая система, содержащая большое количество элементов, представляется в более простой форме;

2) принимать постоянной электродвижущую силу (ЭДС) генераторов в расчётах;

3) не учитывать переходные электромагнитные процессы в статорных и роторных контурах;

4) не учитывать действие регуляторов скорости турбин;

5) принимать постоянной величиной мощность турбин;

6) представлять нагрузки постоянными сопротивлениями, проводимостями или статистическими характеристиками, не учитывая динамические свойства нагрузок;

7) при не симметрии статорной цепи, обусловленной несимметричными короткими замыканиями, учитывать лишь прямую последовательность токов, обратную и нулевую последовательности учитывать косвенно как факторы, влияющие на величину мощностей прямой последовательности. В схему замещения рассчитываемой системы включается в месте короткого замыкания на землю шунт, сопротивление которого зависит от вида короткого замыкания (КЗ);

8) действие системы автоматического регулирования возбуждения (АВР) учитывается упрощённо, например, постоянством напряжения на зажимах генераторов, переходной ЭДС или сверхпереходной ЭДС.

В результате указанных допущений инженера часть электрической системы (подсистема) со всеми её элементами (генераторы, трансформаторы, линии, нагрузки и т. д.) представляется в реальном виде, а остальная её часть упрощается с помощью различных методов эквивалентирования и рассматривается в качестве некоторой модели реальной части системы. Поступая таким образом, сложную электрическую систему можно преобразовать в 3-машинную, 2-машинную или простейшую систему «станция - шины неизменного напряжения»

Для детального изучения теоретического материала следует использовать рекомендованную литературу.

Содержание отчёта о выполнении практического занятия должно включать: краткие теоретические сведения, постановку задачи, подробные численные расчёты, анализ результатов.

Вариант индивидуального задания задаётся преподавателем или принимается в соответствии с шифром зачётной книжки студента.

1 Практическое задание № 1. Расчёта параметров схемы замещения для трёхфазного короткого замыкания на шинах высокого напряжения автотрансформатора

Цель задания: освоить методику расчёта параметров схемы замещения для трёхфазного короткого замыкания на шинах высокого напряжения автотрансформатора.

Задача: определение параметров схемы замещения автотрансформатора.

Условия задачи и исходные данные

Для трёхфазного короткого замыкания на шинах высокого напряжения автотрансформатора Т2 (рисунок 1) составить схему замещения и определить её параметры:

- номинальная мощность генератора (Г1 и Г2) $P_{(H)}$, МВт;
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_{(H)}$;
- реактивное сопротивление $X''_{d(H)}$;
- номинальная полная мощность трансформатора Т1 $S_{(H)}$;
- напряжение короткого замыкания $U_{кз}$;
- коэффициент трансформации K_T ;
- номинальная полная мощность автотрансформатор Т2 $S_{(H)}$;
- напряжения короткого замыкания автотрансформатора $U_{кзВ-С}$, $U_{кзВ-Н}$, $U_{кзС-Н}$;
- номинальная мощность нагрузки $P_{(H)}$;
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_{(H)}$;
- номинальное напряжение $U_{(H)}$. Длина линия l .

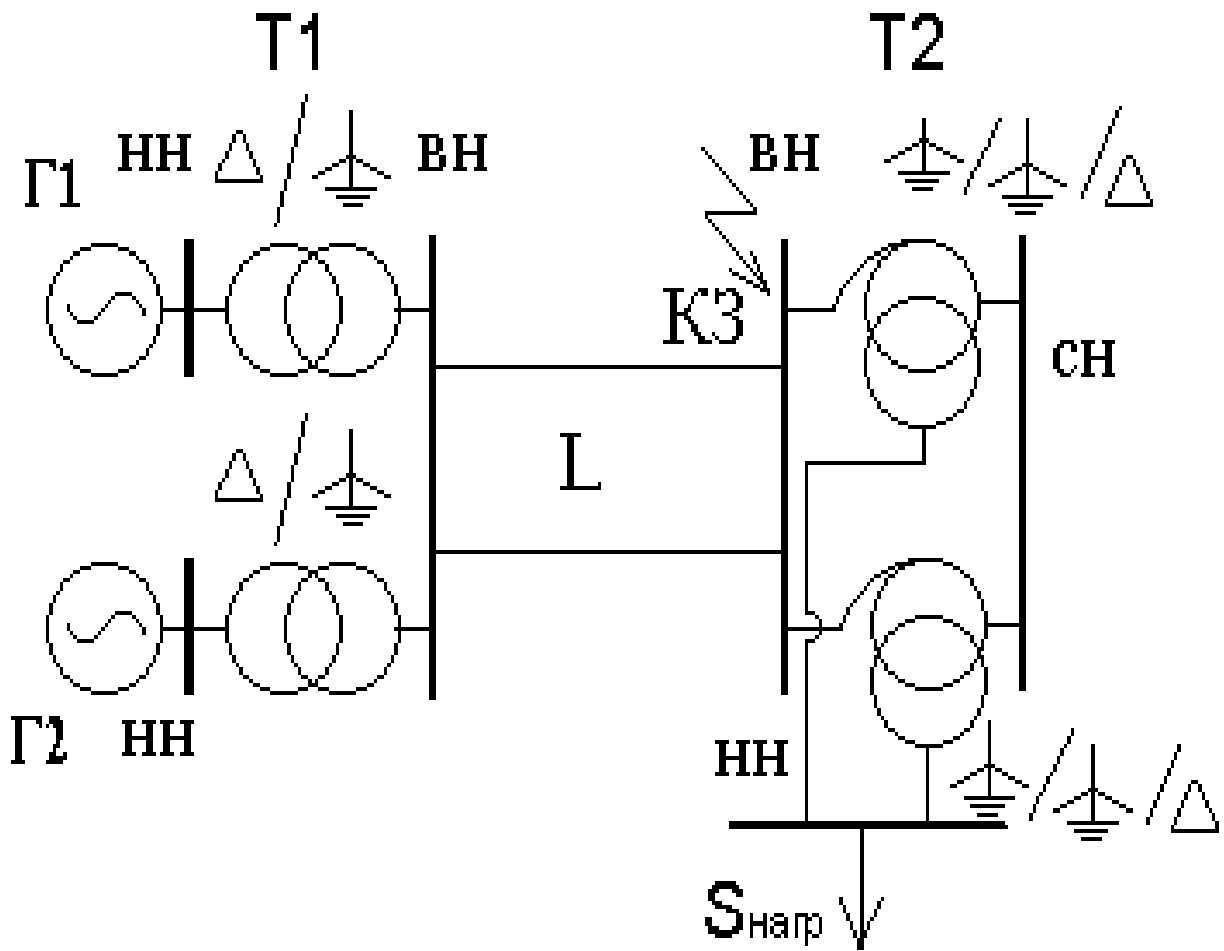


Рисунок 1 – Исходная электрическая схема

В соответствии с номером шифра зачётной книжки студента выбирается вариант исходных данных задания № 1, которые представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Исходные данные задания № 1 по предпоследней цифре шифра

| Показатель | | Вариант (предпоследняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Генератор | $P_{(H)}$, МВт | 63 | 40 | 100 | 120 | 50 | 75 | 80 | 100 | 63 | 120 |
| | $\cos\varphi_{(H)}$ | 0,81 | 0,92 | 0,84 | 0,86 | 0,91 | 0,87 | 0,79 | 0,83 | 0,89 | 0,85 |
| | $X''_{d(H)}$, о.е. | 0,20 | 0,23 | 0,31 | 0,22 | 0,24 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,21 | 0,26 |
| Трансформа- тор | $S_{(H)}$, МВА | 80 | 60 | 120 | 160 | 75 | 100 | 120 | 160 | 75 | 160 |
| | $U_{кз}$, % | 12 | 11 | 14 | 10 | 13 | 9 | 15 | 16 | 12 | 17 |
| | K_T | 23 | 16 | 25 | 18 | 20 | 28 | 17 | 21 | 24 | 32 |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Автотранс- форматор | $S_{(H)}$, МВА | 100 | 120 | 160 | 180 | 100 | 120 | 160 | 140 | 100 | 160 |
| | $U_{кзВ-С}$, % | 11 | 8 | 12 | 15 | 9 | 10 | 13 | 12 | 14 | 16 |
| | $U_{кзВ-Н}$, % | 31 | 25 | 27 | 35 | 21 | 18 | 24 | 33 | 36 | 41 |
| | $U_{кзС-Н}$, % | 19 | 22 | 24 | 28 | 18 | 16 | 19 | 21 | 26 | 28 |

Таблица 2 – Исходные данные задания № 1 по последней цифре шифра

| Показатель | | Вариант (последняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Нагрузка | $P_{(H)}$, МВт | 40 | 63 | 45 | 80 | 30 | 52 | 65 | 55 | 45 | 70 |
| | $\cos\varphi_{(H)}$ | 0,9 | 0,87 | 0,85 | 0,91 | 0,87 | 0,84 | 0,89 | 0,86 | 0,87 | 0,92 |
| | $U_{(H)}$, кВ | 35 | 24 | 10 | 6 | 35 | 16 | 24 | 10 | 6 | 12 |
| Линия | l , км | 161 | 140 | 155 | 98 | 120 | 150 | 170 | 135 | 143 | 168 |

Порядок решения задачи

1. Составить схему замещения рассматриваемой электрической системы (рисунок 1).

В схему замещения входят индуктивные сопротивления трансформаторов Т1, линии L, а также обмоток высокого и низкого напряжений автотрансформаторов Т2 и нагрузка своими индуктивным сопротивлением и ЭДС.

2. Вычислить параметры схемы замещения.

Параметры схемы замещения определить приближённо, без учёта реальных коэффициентов трансформации, в относительных базисных единицах при базисной мощности $S_б$ (выбирается произвольно).

2.1. Вычислить сверхпереходное индуктивное сопротивление генератора в относительных базисных единицах – $X_{d(\delta)}''^*$.

2.2. Вычислить сверхпереходная ЭДС генератора – $E_{(\delta)}''^*$.

2.3. Вычислить индуктивное сопротивление схемы замещения трансформатора Т1 – $X_{T1(\delta)}^*$.

2.4. Вычислить сопротивление схемы замещения линии – $X_{L(\sigma)}^*$.

2.5. Вычислить сопротивление схемы замещения автотрансформатора Т2 – $X_{T2(\sigma)}^*$.

2.6. Вычислить сопротивление нагрузки – $X_{\text{нагр}(\sigma)}^*$.

2.7. Вычислить ЭДС нагрузки в относительных базисных единицах – $E_{(\sigma)}^*$.

Контрольные вопросы

1. Основные правила составления схем замещения систем электроснабжения?
2. Что такое относительная единица измерения и как она вычисляется?
3. Какая из схем замещения более эффективна: для расчётов токов короткого замыкания или для расчётов номинального режима?
4. Что такое базисные величины и для чего они предназначены?
5. Основные преимущества применения относительных единиц при составлении схем замещения?

2 Практическое задание № 2. Расчёта работы генератора электростанции в зависимости от режимов его работы

Цель задания: освоить методику расчёта работы генератора электростанции в зависимости от режимов его работы.

Задача: определение максимальной мощности, передаваемой электростанцией.

Условия задачи и исходные данные

Определить величину максимальной мощности, передаваемую станцией С1 (рисунок 2), рассчитать зависимость номинальной мощности от угла между ЭДС и напряжением генератора $P_1 = f(\delta_{12})$ в диапазоне δ_{12} от 0° до 180° с шагом в 30° .

Исходные данные по вариантам приведены в таблицах 3, 4.

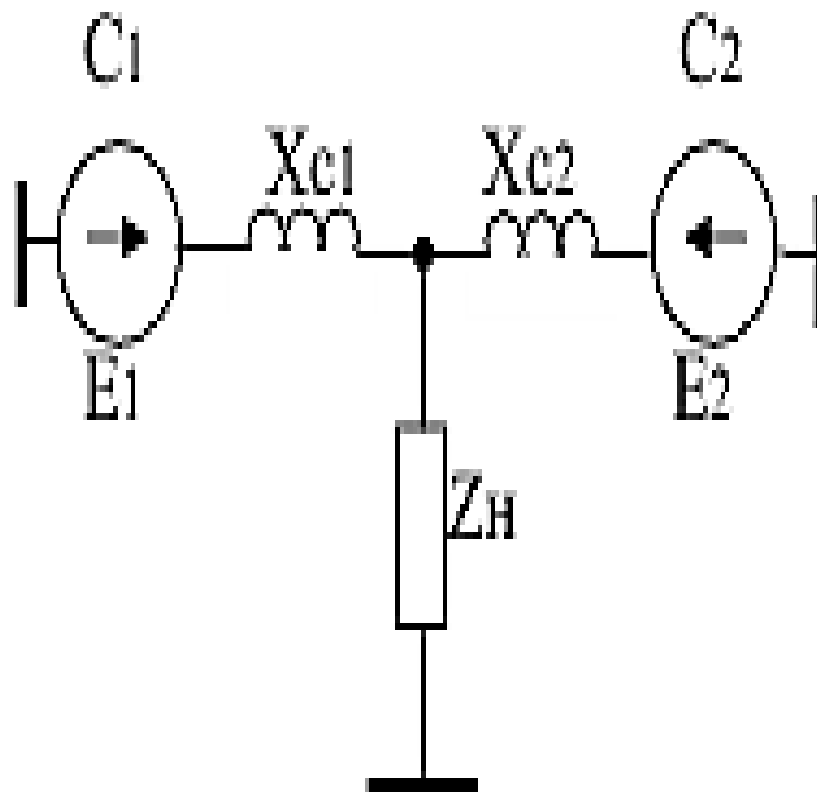


Рисунок 2 – Исходная электрическая схема

Таблица 3 – Исходные данные задания № 2 по предпоследней цифре шифра

| Показатель | Вариант (предпоследняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ЭДС станции С1 E_1 , о.е. | 1,6 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,4 | 1,7 | 1,1 | 1,5 | 1,8 | 1,6 |
| ЭДС станции С2 E_2 , о.е. | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 1,4 |
| Реактивное сопротивление станции С1 X_{C1} , о.е. | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,6 | 0,55 | 0,75 | 0,66 | 0,82 |
| Реактивное сопротивление станции С2 X_{C2} , о.е. | 0,9 | 0,85 | 0,7 | 0,8 | 0,65 | 0,83 | 0,93 | 0,75 | 0,85 | 0,68 |

Таблица 4 – Исходные данные задания № 2 по последней цифре шифра

| Показатель | Вариант (последняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Активная часть нагрузки R_e , о.е. | 1,2 | 1,4 | 1,3 | 1,35 | 1,45 | 1,25 | 1,5 | 1,15 | 1,25 | 1,35 |
| Активная часть нагрузки I_m , о.е. | 1,3 | 1,4 | 1,35 | 1,45 | 1,25 | 1,15 | 1,45 | 1,42 | 1,35 | 1,2 |

Порядок решения задачи

1. Вычислить собственное Z_{11} и взаимное Z_{12} сопротивления для станции С1.
2. Вычислить собственную y_{11} и взаимную y_{12} проводимости для станции С1.
3. Вычислить аргументы комплексного числа, полученному при вычислении сопротивлений φ_{11} и φ_{12} .
4. Вычислить угол α_{11} и α_{12} .
5. Построить зависимость $P_1 = f(\delta_{12})$ в диапазоне δ_{12} от 0° до 180° с шагом в 30° по формуле

$$P_1 = E_1^2 \cdot y_{11} \cdot \sin \alpha_{11} + E_1 \cdot E_2 \cdot y_{12} \cdot \sin(\delta_{12} - \alpha_{12}).$$

Контрольные вопросы

1. Что такое собственные проводимости схемы замещения, как они вычисляются?
2. Что такое взаимные проводимости схемы замещения и как они вычисляются?
3. Почему в схемах замещения учитываются только реактивные составляющие сопротивления элементов?

3 Практическое задание № 3. Расчёта предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости электрической системы

Цель задания: освоить методику расчёта предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости электрической системы.

Задача: расчёт предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости системы.

Условие задачи и исходные данные

Станция работает через линию электропередачи на систему, мощность которой значительно больше мощности станции. Схема системы электроснабжения приведена на рисунке 3.

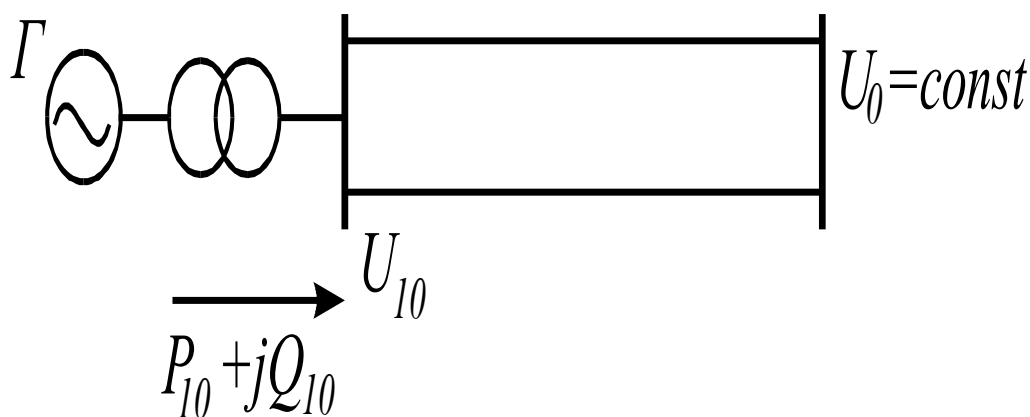


Рисунок 3 – Исходная электрическая схема

Параметры электропередачи и исходного режима, следующие:

- сопротивление генератора – x_d ;
- сопротивление генератора с АРВ – x'_d ;
- сопротивление трансформатора – x_T ;
- сопротивление линии электропередачи – x_L ;
- напряжение на нагрузке – U_{10} ;
- реактивная мощность – Q_{10} ;
- активная мощность – P_{10} .

Все указанные величины задаются в виде относительных единиц.

Необходимо рассчитать предел передаваемой мощности и коэффициент

запаса устойчивости системы в следующих случаях:

- 1) при отсутствии АРВ;
- 2) при АРВ пропорционального действия;
- 3) при АРВ сильного действия.

Исходные данные по вариантам приведены в таблицах 5, 6.

Таблица 5 – Исходные данные задания № 3 по предпоследней цифре шифра

| Показатель | Вариант (предпоследняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Сопротивление синхронного генератора x_d | 1,71 | 1,91 | 1,54 | 1,62 | 1,82 | 2,10 | 2,13 | 1,35 | 1,44 | 1,25 |
| Сопротивление трансформатора x_T | 0,15 | 0,24 | 0,32 | 0,12 | 0,15 | 0,2 | 0,16 | 0,19 | 0,1 | 0,17 |
| Сопротивление линии $x_{л}$ | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,17 | 0,18 | 0,21 | 0,16 | 0,18 | 0,12 | 0,22 |
| Сопротивление синхронного генератора с АРВ x'_d | 0,32 | 0,28 | 0,41 | 0,31 | 0,34 | 0,27 | 0,22 | 0,31 | 0,29 | 0,38 |

Таблица 6 – Исходные данные задания № 3 по последней цифре шифра

| Показатель | Вариант (последняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Напряжение на нагрузке U_{10} | 1,10 | 0,95 | 1,05 | 0,97 | 1,12 | 0,98 | 0,87 | 1,03 | 0,89 | 1,15 |
| Активная мощность P_{10} | 0,74 | 0,83 | 0,67 | 0,91 | 0,75 | 0,69 | 0,73 | 0,86 | 0,75 | 0,87 |
| Реактивная мощность Q_{10} | 0,28 | 0,26 | 0,32 | 0,23 | 0,31 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,36 | 0,24 |

Порядок решения задачи

1. Составить схему замещения расчётной системы электроснабжения (рисунок 3).
2. Рассчитать предел передаваемой мощности и коэффициент запаса устойчивости системы для трёх заданных случаев.

2.1. При отсутствии АРВ предел передаваемой мощности определять из условия постоянства синхронной ЭДС $E_q = \text{const}$ при $X_2 = X_d$.

Вычисляются:

- суммарное сопротивление электропередачи – $X_{\Sigma 1}$;
- синхронная ЭДС – E_q ;
- предел передаваемой мощности – $P_{\text{пр1}}$, о. е.;
- коэффициент запаса статической устойчивости – $K_{\text{з1}}$.

2.2. При установке на генераторах АВР пропорционального действия предел передаваемой мощности и устойчивости можно приближенно определить исходя из постоянства ЭДС E'_q за переходным сопротивлением X'_d .

Вычисления проводятся в порядке, изложенном в п. 2.1.

2.3. Для АРВ сильного действия в зависимости от настройки может обеспечивать постоянство напряжения либо на выводах генератора, либо за трансформатором Т1 в начале линии. Определить предел устойчивости, принимая напряжение генератора $U_r = \text{const}$. В этом случае сопротивление генератора принимать равным нулю.

Вычисления проводить в порядке, изложенном в п. 2.1.

Контрольные вопросы

1. Что такое осуществимость режима?
2. Как проверяется возможность существования режима?
3. Что такое коэффициенты запаса устойчивости режима?
4. Четыре условия, которым должны удовлетворять расчёты электрических систем (осуществимость, устойчивость, качество, экономичность)?
5. Что такое запас устойчивости?
6. В чем заключается простейший критерий устойчивости синхронного генератора, работающего через сеть на шины неизменного напряжения, при постоянном моменте турбины?
7. Что такое АРВ пропорционального действия?
8. Что такое АРВ сильного действия?

4 Практическое задание № 4. Расчёта токораспределения при параллельной работе трёхобмоточных трансформаторов на двух обмотках при работе третей на выделенную нагрузку

Цель задания: освоить методы расчёта токораспределения при параллельной работе трёхобмоточных трансформаторов на двух обмотках при работе третей на выделенную нагрузку.

Задача: расчёт нагрузки трансформаторов при параллельной работе.

Условие задачи и исходные данные

Задана схема питания потребителей при параллельной работе трёхобмоточных трансформаторов на двух обмотках при работе третей на выделенную нагрузку (рисунок 4).

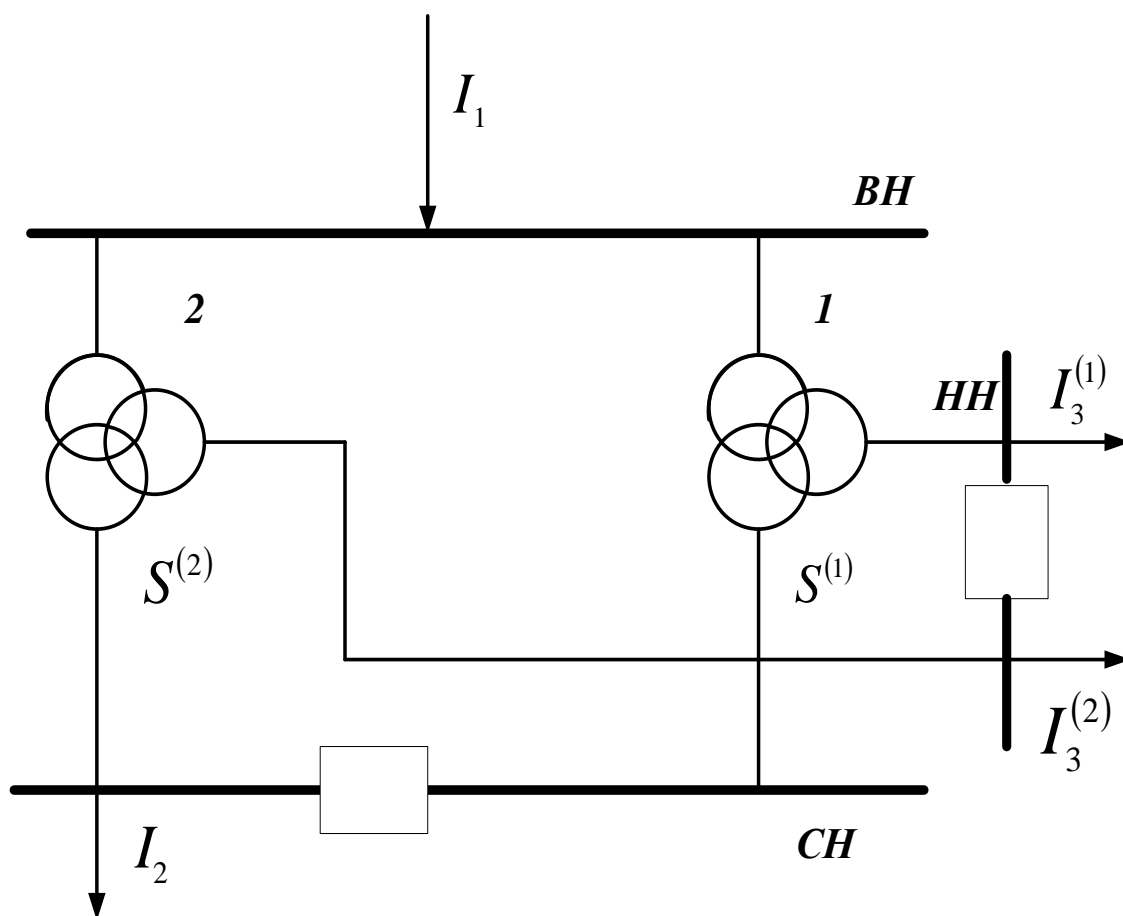


Рисунок 4 – Исходная электрическая схема

Суммарная нагрузка работающих параллельно обмоток среднего напряжения S_2 , нагрузка работающих отдельно обмоток низшего напряжения трансформаторов Тр1 и Тр2 соответственно $S_3^{(1)}$.

Характеристики первого трансформатора:

- мощность – $S^{(1)}$;
- напряжение короткого замыкания – $U_{12}^{(1)}, U_{13}^{(1)}, U_{23}^{(1)}$;
- соотношение мощностей обмоток – 100/100/100 %.

Характеристики второго трансформатора:

- мощность $S^{(2)}$;
- напряжения короткого замыкания: $U_{12}^{(1)}, U_{13}^{(1)}, U_{23}^{(1)}$;
- соотношение мощностей обмоток 100/67/67 %.

Напряжения обмоток трансформаторов одинаковы.

Необходимо определить:

1) нагрузки на стороне среднего и высшего напряжения каждого из трансформаторов и сравнить их с номинальными мощностями обмоток трансформатора;

2) активные сопротивления и потери не учитываются.

Исходные данные по вариантам приведены в таблицах 7, 8.

Таблица 7 – Исходные данные задания № 4 по предпоследней цифре шифра

| Показатель | Вариант (предпоследняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Суммарная нагрузка работающих параллельно обмоток среднего напряжения S_2 , МВ·А | 8 | 6 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 11 | 8 | 10 |
| Нагрузка работающих отдельно обмоток низшего напряжения Тр1 и Тр2 $S_3^{(1)}$, МВ·А | 5 | 4 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 6 | 5 | 7 |
| Мощность Тр1 $S^{(1)}$, МВ·А | 20 | 22 | 24 | 19 | 16 | 23 | 25 | 18 | 17 | 21 |
| Мощность Тр2 $S^{(2)}$, МВ·А | 20 | 21 | 22 | 20 | 18 | 19 | 17 | 15 | 16 | 21 |

Таблица 8 – Исходные данные задания № 4 по последней цифре шифра

| Показатель | | Вариант (предпоследняя цифра шифра) | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Напряжение короткого замыкания Тр1 | $U_{12}^{(1)}, \%$ | 10,5 | 12 | 11,5 | 9,5 | 10,8 | 11,2 | 12,3 | 11,8 | 10,1 | 9,3 |
| | $U_{13}^{(1)}, \%$ | 17 | 13,5 | 14 | 15 | 11,5 | 12 | 16 | 18 | 12,5 | 14 |
| | $U_{23}^{(1)}, \%$ | 6 | 8,5 | 7 | 9 | 5,5 | 10 | 11 | 10,5 | 12 | 9,5 |
| Напряжение короткого замыкания Тр2 | $U_{12}^{(2)}, \%$ | 10,5 | 9 | 8,5 | 11 | 12,5 | 9,5 | 10 | 11,5 | 9,5 | 10,5 |
| | $U_{13}^{(2)}, \%$ | 6 | 7 | 8,5 | 6,5 | 8,2 | 7,5 | 8,4 | 6,3 | 7,4 | 8,8 |
| | $U_{23}^{(2)}, \%$ | 17 | 13,5 | 14 | 16 | 17,5 | 12 | 13,5 | 15 | 14,8 | 16,2 |

Порядок решения задачи

1. Составить схему замещения расчётной системы электроснабжения подстанции (рисунок 4). На схеме замещения каждый трансформатор представляется в виде упрощённой трёх лучевой звезды, в которой вместо относительных величин сопротивления проставлены равные им численные значения относительных величин напряжения КЗ.

2. Определить напряжения КЗ отдельных лучей схемы замещения трансформатора U_1, U_2, U_3 по заданным величинам напряжения КЗ между обмотками. Данные напряжения приводятся к единой базовой мощности S_6 , в качестве которой принимается наименьшая из мощностей обмоток трансформаторов.

3. Вычислить приведённые напряжения – $U_{\text{прив}}$.

4. Вычислить значения нагрузки работающих параллельно обмоток трансформаторов – $S_2^{(1)}, S_2^{(2)}$.

5. Производить сравнение полученных фактических нагрузок обмоток трансформаторов с заданными номинальными мощностями этих обмоток. То есть определить относительную загрузку трансформаторов в долях от номинальной мощности соответствующей обмотки.

Контрольные вопросы

1. Что такое нагрузочная способность трансформатора?
2. Что такое допустимая нагрузка трансформатора?
3. Что называют перегрузкой трансформатора?
4. Что называется аварийной перегрузкой трансформатора?
5. Что такое коэффициент начальной нагрузки, коэффициент максимальной нагрузки трансформатора?
6. Что характеризует напряжение КЗ трансформатора?
7. Что такое фактическая продолжительность максимума?

Заключение

Выполнение практических занятий ставит целью практическое закрепление изучаемого теоретического материала по курсу «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций», приобретение инженерных навыков расчёта основных эксплуатационных характеристик электрооборудования станций и подстанций, развитие творческих способностей студента при решении конкретно поставленной задачи.

В данных методических указаниях были рассмотрены методы расчета режимов работы основного электрооборудования станций и подстанций: силовых трансформаторов, генераторов.

В процессе выполнения практических занятий студенты изучают теоретические материалы, методики расчета и решают четыре задачи:

- 1) определение параметров схемы замещения автотрансформатора;
- 2) определение максимальной мощности, передаваемой электростанцией;
- 3) расчёт предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости электрической системы;
- 4) расчёт нагрузки трансформаторов при параллельной работе.

В каждом практическом задании приводятся контрольные вопросы, позволяющие студенту определять свой уровень усвоения изучаемого материала.

Библиографический список

1. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учебное пособие / Г. Н. Ополева. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
2. Меркурьев, Г.В. Режимы работы трансформаторов: учеб. пособие / Г.В. Меркурьев, Я.А. Цирель. – С-Пб: Издание центра подготовки кадров энергетики, 2004. – 38 с.
3. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. Введен 01.07.86. – М: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 40 с.
4. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. – 10-е издание. – М.: Издательский центр «Академия». 2013. – 448 с.
5. Электропитающие системы и электрические сети: учебное пособие / Н.В. Хорошилов [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 352 с.
6. Современная электроэнергетика / под общ. ред. Е.В. Аметистова; под ред. А.П. Бурмана и В.А. Строева. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МЭИ, 2008. – 632 с.
7. Кужеков, С.Л. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию / С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров. – Ростов-на-Дону: Феникс. 2012. – 492 с.
8. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие. – М.: Издательство «Академия», 2014. – 320 с.
9. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.
10. Переходные процессы в электрических системах: метод. указания по курсовой работе / А.Н. Петрухин, И.П. Чесноков, Н.Н. Якимчук. Часть 2. – Киров: Вятский государственный технический университет, 1998. – 97 с.

11. Электрическая часть станций и подстанций: под ред. А.А. Васильева. – М.: Энергия, 1990. – 608 с.
12. Справочник по проектированию подстанций 35-500 кВ: под ред. С.С. Рокотяна, Я.С. Самойлова. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 352 с.
13. Комплектные электротехнические устройства: справочник Т. 1-3. – М.: Институт промышленного развития «Информэлектро», 1999. – 168 с.

Учебное издание

Мельников Александр Юрьевич

Лопатин Евгений Игоревич

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ**

Методические указания по выполнению
практических заданий

Подписано в печать _____. Тираж 5 экз.
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53