

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 23.08.2023 17:36:19
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине
«Переходные процессы в электроэнергетических системах»
направления подготовки
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

1. Общие сведения по выполнению практических работ

Практическое занятие №1. Структура электроэнергетики. Основные термины и понятия.

Практическое занятие №2. Баланс электрической энергии

Практическое занятие №3. Математическое описание электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах для исследования устойчивости

Практическое занятие №4. Устойчивость режимов систем при малых возмущениях

Практическое занятие №5. Расчетные сопротивления реакторов

Практическое занятие №6. Нагрев проводов током КЗ

Практическое занятие №7. Расчет тока КЗ

Практическое занятие №8. Расчет тока ударного КЗ

Практическое занятие №9. Расчет трехфазного тока КЗ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины:

- дать представление о физике явлений, происходящих при электромагнитных переходных процессах и методы их количественной оценки.

Задачи при изучении дисциплины:

Знать физику переходных процессов в электроэнергетических системах и их основных элементах;

Уметь анализировать результаты расчета переходных процессов для применения в реальных электроэнергетических системах и системах электроснабжения.

Владеть навыками расчета типовые переходные процессы

Наименование практических занятий

№ темы	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
1	Практическое занятие №1. Математическое описание электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах для исследования устойчивости. Изучить математическое описание электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах для исследования устойчивости.	1,5	
2	Практическое занятие №2. Устойчивость режимов систем при малых возмущениях. Анализ устойчивости режимов систем при малых возмущениях.	1,5	
3	Практическое занятие №3. Расчетные сопротивления реакторов. Научиться рассчитывать сопротивление реакторов.	1,5	
4	Практическое занятие №4. Нагрев проводов током КЗ. Анализ нагрева проводов током КЗ.	1,5	
5	Практическое занятие №5. Определение параметров элементов эквивалентных схем замещения. Изучить определение параметров элементов эквивалентных схем замещения.	1,5	
6	Практическое занятие №6 Баланс электрической энергии. Изучить баланс электрической энергии.	1,5	
7	Практическое занятие №7. Расчет тока КЗ. Научиться производить расчёт токов КЗ.	1,5	
8	Практическое занятие №8. Расчет тока ударного КЗ. Научиться производить расчёт токов ударного КЗ.	1,5	
9	Практическое занятие №9. Расчет трехфазного тока КЗ. Научиться производить расчёт токов трёхфазного КЗ.	1,5	
Итого за 6 семестр:		13.5	

Сертификат:
Владелец:

12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

	Итого:	13.5	
--	--------	------	--

Практическая работа №1

Математическое описание электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах для исследования устойчивости.

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету переходных процессов

Привести к генераторному напряжению сопротивление Z в схеме на рис. 1а.

Коэффициенты трансформации трансформаторов:

$$U_1/U_2 = 10,5/38,5; U_3/U_4 = 35/6,6; U_5/U_6 = 6/0,4.$$

Решение

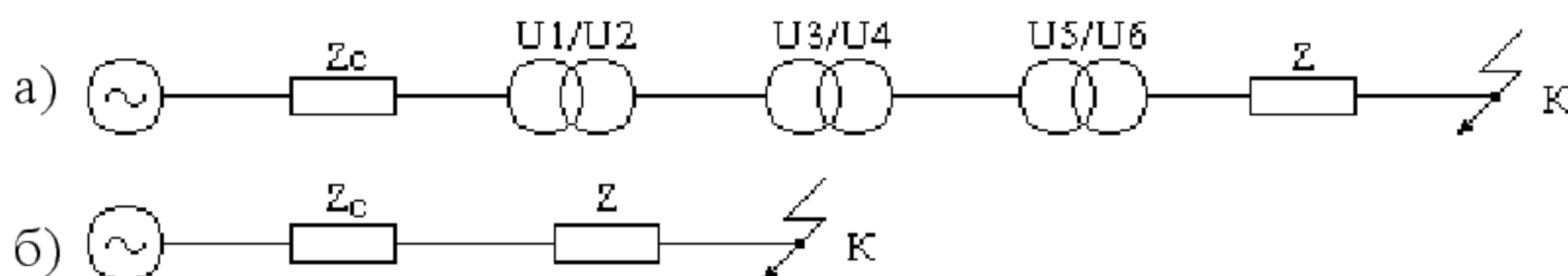
1. Приближенное приведение по уравнению (12):

$$Z_1 = Z (U_1/U_6)^2 = Z (10,5/0,4)^2 = 689 Z.$$

2. Точное приведение по уравнению (1):

$$Z_1 = Z ((U_5 U_3 U_1)/(U_6 U_4 U_2))^2 = ((6 \cdot 35 \cdot 10,5)/(0,4 \cdot 6,6 \cdot 38,5))^2 = 470,6 Z.$$

Ошибка при расчете тока КЗ за сопротивлением Z , определенным по уравнению (1), будет очень велика.



Схемы приведения к расчетному напряжению при нескольких трансформаторах: а – исходная; б – расчетная

В схеме на рис. 1 ток КЗ за сопротивлением Z определен при расчетном напряжении $U_1 = 11$ кВ. Определить действительные токи при напряжении $U_2 = U_3$; $U_4 = U_5$, U_6 . Коэффициенты трансформации указаны в примере 1; сопротивления генератора и линий не учитывать ($Z_c = 0$). Величина $Z = 470,6$ Ом.

Решение

Ток КЗ $I_k^{(3)} = U/(\sqrt{3} \cdot Z) = 11000/(\sqrt{3} \cdot 470,6) = 13,51$ А при генераторном напряжении 11 кВ. Приведенный ток КЗ равен:

– на стороне $U_2 = U_3$ $I_2 = 13,51 \cdot 10,5/38,5 = 3,685$ А;

– на стороне $U_4 = U_5$ $I_4 = 3,685 \cdot 35/6,6 = 19,54$ А;

– на стороне U_6 $I_6 = 19,54 \cdot 6/0,4 = 293,1$ А.

Если пользоваться средними номинальными напряжениями, то ток КЗ будет

равен: $\sqrt{3} \cdot 689 = 8,81$ А;
– на генераторном напряжении 10500/
– на стороне 0,4 кВ $8,81 \cdot 10,5/0,4 = 231,23$ А.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическая работа №2

Устойчивость режимов систем при малых возмущениях.

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету устойчивости

От шин подстанции с вторичным напряжением 11 кВ питаются три линии. Первая линия выполнена алюминиевым кабелем $3 \times 50 \text{ мм}^2$, вторая – алюминиевым проводом А50, третья – стальным проводом ПС-50. Длина каждой линии 5 км. Ток КЗ на шинах 11кВ 3000 А. Определить ток КЗ в конце каждой линии.

Решение

Сопротивление ЭЭС, приведенное к шинам 11 кВ, равно:

$$X_c = 11000 / \sqrt{3} \cdot 3000 = 2,12 \text{ Ом.}$$

Сопротивление кабеля 10 кВ по Приложению 7 равно: $R = 0,62 \cdot 5 = 3,1 \text{ Ом}$; $X_k = 0,09 \cdot 5 = 0,45 \text{ Ом}$. Ток КЗ в конце кабельной линии равен:

$$I_k^{(3)} = \frac{110000}{\sqrt{3} \sqrt{(2,12 + 0,45)^2 + 3,1^2}} = 1579 \text{ А.}$$

На рис. а дан чертеж опоры линии 11 кВ, а на рис. б – вспомогательное построение для определения D_{cp} . Из рисунка видно, что

$$DB = 250 + 170 + 250 = 670 \text{ мм}; AD = DC = AC/2 = 750 \text{ мм.}$$

Из треугольника ADB

$$AB = \sqrt{AD^2 + DB^2} = \sqrt{750^2 + 670^2} = 1000 \text{ мм,}$$

$$D_{cp} = \sqrt[3]{AB \cdot BC \cdot CA} = \sqrt[3]{1000 \cdot 1000 \cdot 1500} = 1150 \text{ мм}$$

По Приложению 2 $D_p = 9 \text{ мм}$ для провода А-50:

$$X = 0,144 \cdot \lg 2 \cdot 1150/9 + 0,016 = 0,364 \text{ Ом/км,}$$

а сопротивление всей линии

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

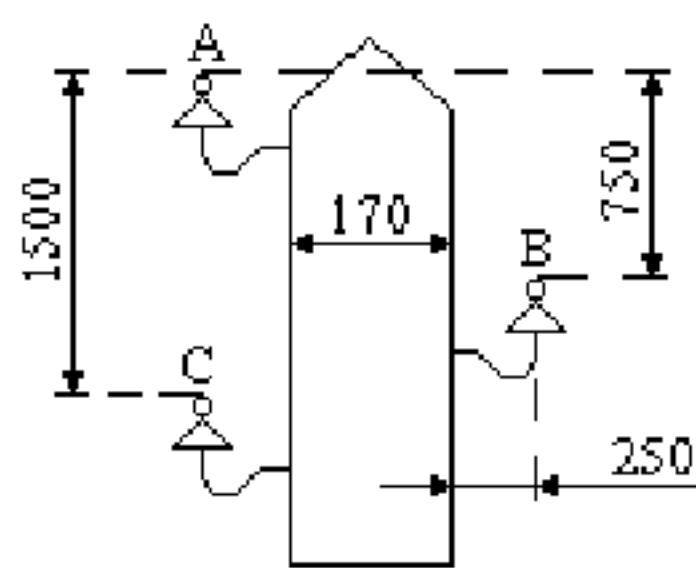
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6,364 · 5 = 1,82 Ом.

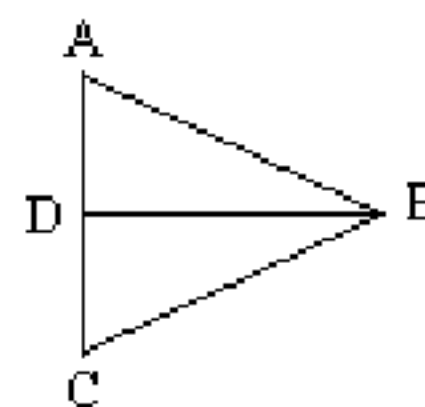
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Такой же результат можно получить по Приложению 27.

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022



а)



б)

К расчету индуктивного сопротивления линии

Активное сопротивление провода А50 по Приложению 2 равно $r = 0,576 \text{ Ом/км}$, сопротивление одной фазы линии $r_l = 0,576 \cdot 5 = 2,88 \text{ Ом}$. Ток трехфазного КЗ в конце линии

$$I_k^{(3)} = \frac{110000}{\sqrt{3} \sqrt{(2,12 + 1,82)^2 + 2,88^2}} = 1302,9 \text{ А.}$$

Если КЗ сопровождается дугой длиной 1200 мм (примерно среднее расстояние между проводами, что справедливо для первого момента КЗ), то

$$r_d = \frac{1000 \cdot 1,2}{1310} = 0,92 \text{ Ом,}$$

$$\text{и ток } I_k^{(3)} = \frac{11000}{\sqrt{3} \sqrt{(2,12 + 1,82)^2 + (2,88 + 0,92)^2}} = 1160 \text{ А}$$

или 0,891 тока, определенного без учета дуги.

Такое незначительное уменьшение тока объясняется тем, что сопротивление дуги мало по сравнению с активным сопротивлением линии. Для стального провода $D_p = 9,2 \text{ мм}$ и внешнее индуктивное сопротивление по уравнению (15):

$$X_{\text{внеш}} = 0,144 \cdot \lg 2 \cdot 1150 / 9,2 = 0,347 \text{ Ом/км.}$$

Значение внутреннего индуктивного сопротивления не рассчитывается, так как зависит от тока и определяется по Приложению 25.

Задаемся предполагаемым током трехфазного КЗ 400 А; $X_{\text{внут}} = 0,3 \text{ Ом/км}$. Активное сопротивление по Приложению 24 равно 2,75 Ом/км. Ток КЗ в конце линии будет:

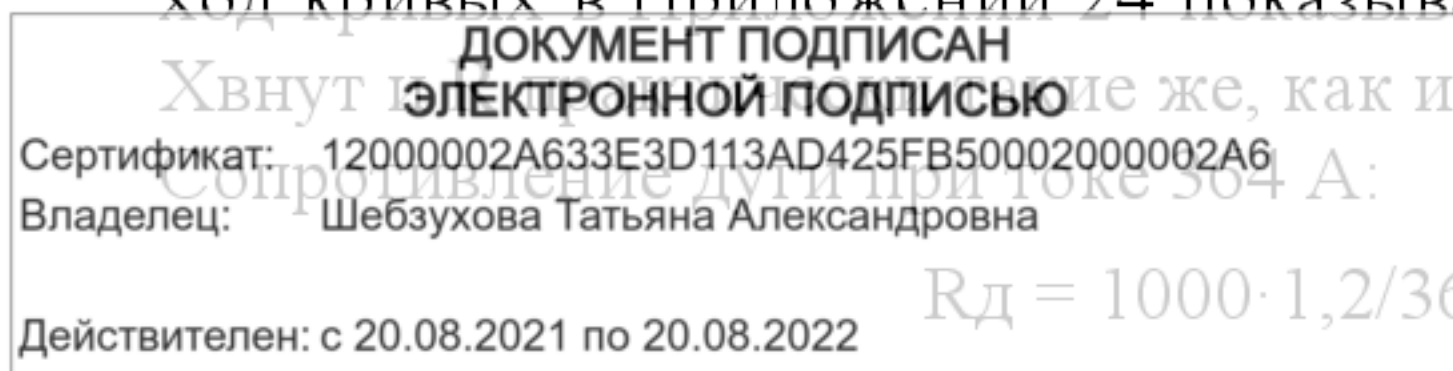
$$I_k^{(3)} = \frac{11000}{\sqrt{3} \sqrt{[2,12 + (0,347 + 0,3) \cdot 5]^2 + (2,75 \cdot 5 + 2 \cdot 8)^2}} = 364 \text{ А.}$$

Полученный ток 364 А незначительно отличается от принятого предварительно тока 400 А. Пересчет в данном случае не требуется, так как ход кривых в Приложении 24 показывает, что при токе 364 А сопротивления $X_{\text{внут}}$ и R_d те же, как и при токе 400 А.

Сопротивление дуги при токе 364 А:

$$R_d = 1000 \cdot 1,2 / 364 = 3,296 \text{ Ом.}$$

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022



Ток КЗ с учетом сопротивления дуги:

$$I_k^{(3)} = \frac{11000}{\sqrt{3} \sqrt{[2,12 + (0,347 + 0,3) \cdot 5]^2 + (2,75 \cdot 5 + 3,296)^2}} = 355,87 \text{ А},$$

или 0,97 тока, определенного без учета дуги в месте повреждения.

Если дуга возникает на первой опоре от подстанции, то ее сопротивление будет:

$$r_d = 1000 \cdot 1,2 / 3000 = 0,4 \text{ Ом},$$

и ток КЗ с учетом дуги равен $I_k^{(3)} = \frac{11000}{\sqrt{3} \sqrt{(2,12^2 + 0,4^2)}} = 2947 \text{ А},$

или 0,982 тока, определенного без учета дуги.

Если дуга возникает на шинах КРУ, то при ее длине около 0,3 м сопротивление дуги будет:

$$r_d = 1000 \cdot 0,3 / 3000 = 0,1 \text{ Ом},$$

и ток КЗ практически не изменится:

$$I_k^{(3)} = \frac{11000}{\sqrt{3} \sqrt{(2,12^2 + 0,1^2)}} = 2966,4 \text{ А}.$$

Для сравнения результатов выполним вычисления по уравнению (2) вместо (7).

Кабельная линия:

$$Z_{p.c} = \sqrt{3,1^2 + 0,45^2} = 3,132 \text{ Ом};$$
$$I_k^{(3)} = 11000 / \sqrt{3} (2,12 + 3,132) = 1210 \text{ А}.$$

Линия с стальными проводами:

$$Z_{p.c} = \sqrt{[(0,347 + 0,3) \cdot 5]^2 + (2,75 \cdot 5)^2} = 14,125 \text{ Ом};$$
$$I_k^{(3)} = \frac{11000}{\sqrt{3} \cdot (2,12^2 + 14,125^2)} = 391,4 \text{ А}.$$

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическая работа №3

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Актуальность темы: Сопротивление реакторов

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету реактора

Определить ток КЗ за реактором и напряжение на шинах в системах
Линейный реактор 6 кВ, 8 %, 600 А; сдвоенный реактор 6 кВ, 12 %, 2000 А, $m = 0,5$. Вторичное напряжение питающего трансформатора 6,6 кВ; ток КЗ до реактора 16 кА.

Решение

1. Сопротивление линейного реактора:

$$X_p = 10 \cdot X \cdot U / \sqrt{3} \cdot I = 10 \cdot 8 \cdot 6 / \sqrt{3} \cdot 600 = 0,462 \text{ Ом.}$$

Сопротивление системы до выводов 6,6 кВ питающего трансформатора:

$$X_c = 6600 / \sqrt{3} \cdot 16000 = 0,238 \text{ Ом.}$$

Ток КЗ за линейным реактором:

$$I_k^{(3)} = 6600 / \sqrt{3} \cdot (0,238 + 0,462) = 5450 \text{ А.}$$

2. Сопротивление одной ветви сдвоенного реактора:

$$X_p = 10 \cdot 12 \cdot 6 / 2000 = 0,36 \text{ Ом.}$$

Ток КЗ за реактором:

$$I_k^{(3)} = 6600 / \sqrt{3} \cdot (0,36 + 0,238) = 6379,65 \text{ А.}$$

Необходимо обратить внимание на то, что хотя реакторы имеют номинальное напряжение 6,0 кВ, включены они на вторичное напряжение питающего трансформатора 6,6 кВ и приведения к одному расчетному напряжению в этом случае не требуется.

3. Напряжение на шинах при КЗ за линейным реактором $U_{ш} = \sqrt{3} \cdot I_k^{(3)} \cdot X_p = \sqrt{3} \cdot 5450 \cdot 0,442 = 4356 \text{ В, или } 4356 / 6600 = 0,66 \text{ номинального.}$

Напряжение на неповрежденной секции шин по рис. 6б равно:

$$\sqrt{3} \cdot 0,36 \cdot 6379,65 = 3971,4 \text{ В, или } 0,602 \text{ номинального.}$$

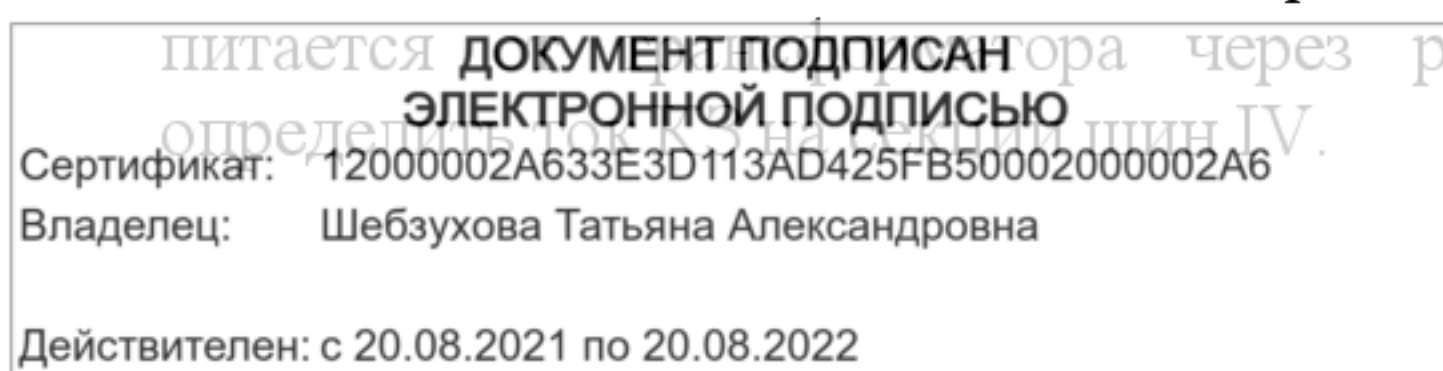
Следует отметить, что такое напряжение не обеспечивает надежной работы магнитных пускателей: обычно их напряжение отпадания колеблется в пределах 0,65...0,75 номинального и в данном случае могут иметь место неправильные отключения электродвигателей.

Те же напряжения можно определить и по выражениям (23) и (24):

$$U_{ш} = 0,462 \cdot U / (0,462 + 0,238) = 0,66 U_n;$$

$$U_{ш} = 0,36 \cdot U / (0,36 + 0,238) = 0,602 U_n.$$

На подстанции выведен из работы трансформатор 2Т и секция шин IV питается реактором трансформатора 2Т. Требуется



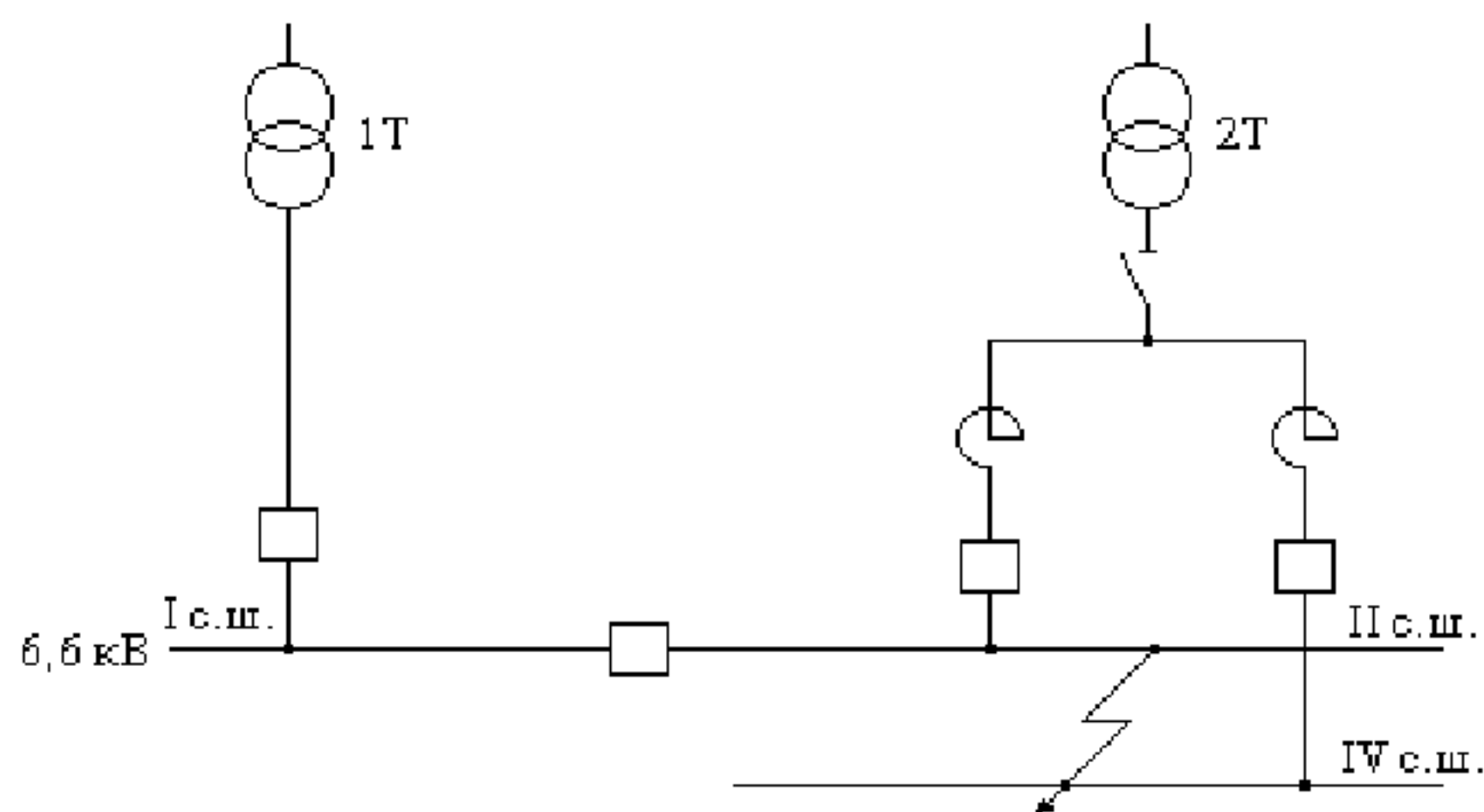


Схема подстанции

Решение

Сопротивление двух последовательно включенных ветвей реактора по выражению (22) равно:

$$X_{bc} = 2 \cdot 0,36 \cdot (1 + 0,5) = 1,08 \text{ Ом (рис. 6),}$$

ток КЗ

$$I_k^{(3)} = 6600 / \sqrt{3} \cdot (1,08 + 0,238) = 2894,56 \text{ А,}$$

$$I_k^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 2894,56 / 2 = 2503,8 \text{ А;}$$

напряжение на секции шин I равно:

$$1,08 \cdot U / (1,08 + 0,238) = 0,819U.$$

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическая работа №4 Нагрев проводов током КЗ

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету токов КЗ

Ток КЗ на шинах питающей подстанции равен 10 кА при напряжении 6,6 кВ. Выполнить расчет спада тока через 1, 2, 3 с для медного кабеля сечением 50 мм², длиной 5 км.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6	Решение
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Приложение 7 активное сопротивление кабеля при температуре 65 °С. По сопротивлению медного кабеля 50 мм² при

температуре +20 °С равно 0,37 Ом/км. При температуре 65 °С сопротивление будет $0,37 \cdot [1 + 0,004 \cdot (65 - 20)] = 0,4366$ Ом/км.

Полное активное сопротивление $r_x = 0,4366 \cdot 5 = 2,185$ Ом.

Сопротивление системы $x_c = 6600/\sqrt{3} \cdot 10000 = 0,3815$ Ом.

Сопротивление кабеля $x_k = 0,083 \cdot 5 = 0,415$ Ом.

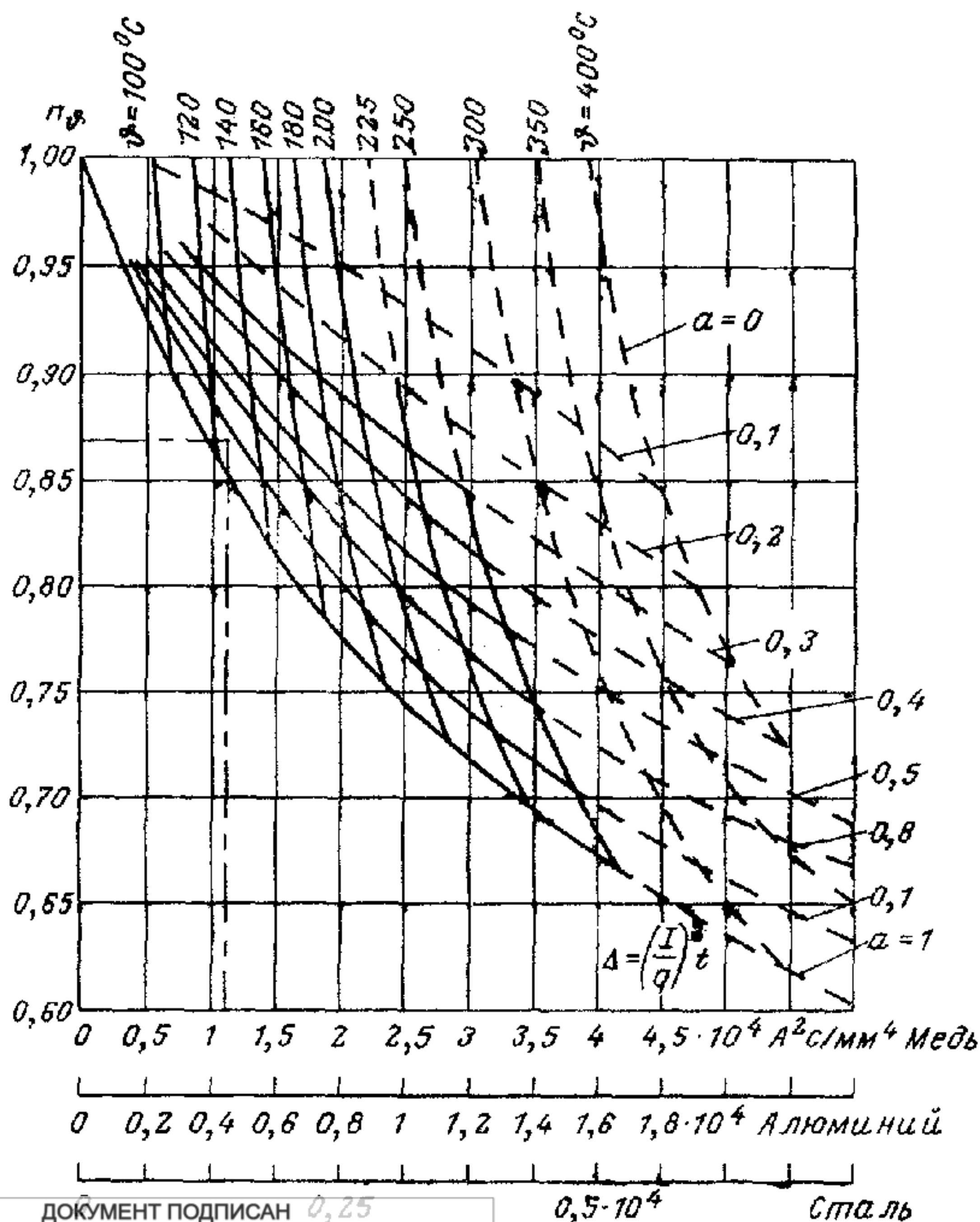
Ток трехфазного КЗ в конце кабеля в первый момент

$$I_0^{(3)} = 6600/\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,3815 + 0,415)^2 + 2,18} = 6600/\sqrt{3} \cdot 2,32 = 1644,41 \text{ А}$$

Расчет для времени $t = 1$ с:

$$\Delta = (I^{(3)}/q)^2 \cdot t = (1644,41/50)^2 \cdot 1 = 1081,6 \text{ А}^2 \text{ с/мм}^4,$$

$$a = (2,13/2,32)^2 = 0,884.$$



Определить уменьшение тока КЗ из-за нагрева обмоток трансформатора.

Решение

Данные трансформаторов по примеру 5:

$S_{T1} = 25 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $Z = 96 \text{ Ом}$; $X = 152,3 \text{ Ом}$; $Z = 180 \text{ Ом}$;

$S_{T2} = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $Z = 3,44 \text{ Ом}$; $X = 10,71 \text{ Ом}$; $Z = 11,25 \text{ Ом}$.

Активное сопротивление при 250°C через $1,82 \text{ с}$ после начала КЗ будет в $1,7$ раза больше, чем при 75°C . Полные сопротивления будут: для трансформатора $25 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ $Z = \sqrt{152,3^2 + (1,7 \cdot 96)^2} = 223,2 \text{ Ом}$ вместо 180 Ом ; для трансформатора $400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ $Z = \sqrt{10,71^2 + (1,7 \cdot 3,44)^2} = 12,2 \text{ Ом}$ вместо $11,25 \text{ Ом}$. Максимальное уменьшение тока КЗ при $Z_c = 0$ через $1,82 \text{ с}$ составит $180/223,2 = 0,816$ для трансформатора $25 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ и $11,25/12,2 = 0,93$ для трансформатора $400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическое занятие №5.

Определение параметров элементов эквивалентных схем замещения

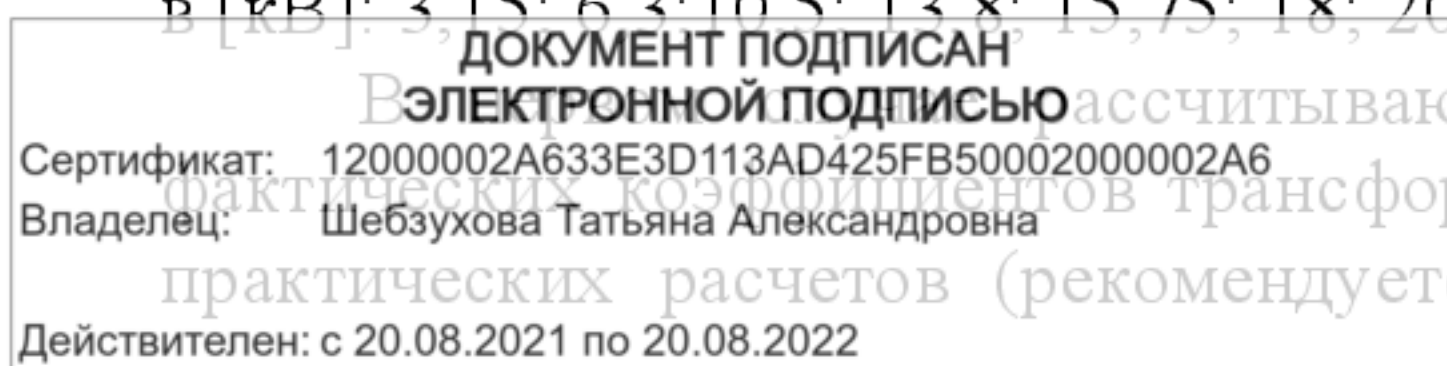
Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету эквивалентных схем замещения

Параметры эквивалентных схем замещения могут быть определены:

1. В именованных и относительных единицах приведением значений параметров расчетных схем к выбранной основной (базисной) ступени напряжения сети с учетом фактических коэффициентов трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

2. В относительных и именованных единицах значений параметров расчетных схем к выбранным базисным условиям с учетом средних коэффициентов трансформации, равных отношению средних номинальных напряжений сетей соответствующих ступеней напряжений. Рекомендуются использовать шкалу средних номинальных между фазных напряжений сетей в [кВ]: 3; 15; 63; 110; 150; 175; 220; 240; 330; 500; 750.



рассчитывают токи КЗ при наличии данных с фактическими коэффициентами трансформации. Наиболее предпочтителен для практических расчетов (рекомендуется в КР) второй способ приведения.

Расчетные выражения для этого способа приведены в табл. 1. При выборе данных условий следует руководствоваться тем, чтобы порядок числовых значений был удобен для оперирования с ними. За базисную мощность (S_6) целесообразно принимать число, кратное десяти. Например, 10, 100, 1000 и т. п. [МВА]. За базисные напряжения (U_6) рекомендуется принимать среднее значение той степени трансформации, где находится точка КЗ.

Базисный ток и сопротивление определяются по выражениям:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad Z_6 = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot I_6} = \frac{U_6}{S_6} \quad (1)$$

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическое занятие №6.

Баланс электрической энергии

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету баланса электрической энергии

Составление схем замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей

Определение параметров их элементов. (В дальнейшем приняты широко распространенные обозначения индексов для параметров прямой, обратной и нулевой последовательностей: 1, 2, 0).

1. Схема замещения прямой последовательности аналогична схеме, которая составляется для расчетов симметричного КЗ. В зависимости от момента времени и метода расчета все элементы, в состав которых входят вращающиеся машины (генераторы, нагрузки двигатели, системы и т.п.), вводятся в схему замещения прямой последовательности соответствующими реактивными ЭДС. Все остальные элементы вводятся в схему неизменными сопротивлениями.

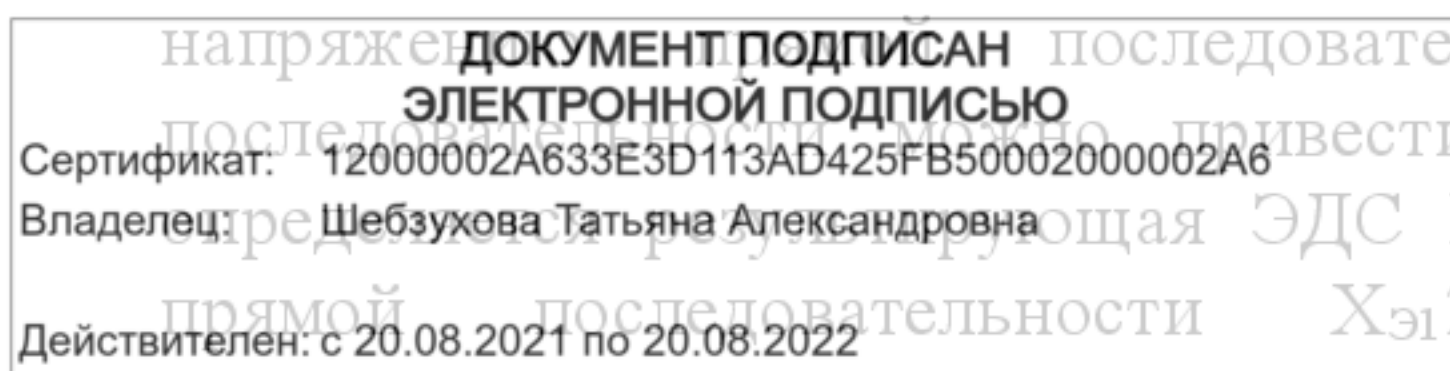
Началом схемы (н) прямой последовательности считается точка, в которой объединены свободные концы всех генерирующих и нагрузочных ветвей. В месте несимметрии (конец схемы - к) действует ЭДС, равная

напряжению последовательности. Любую схему прямой

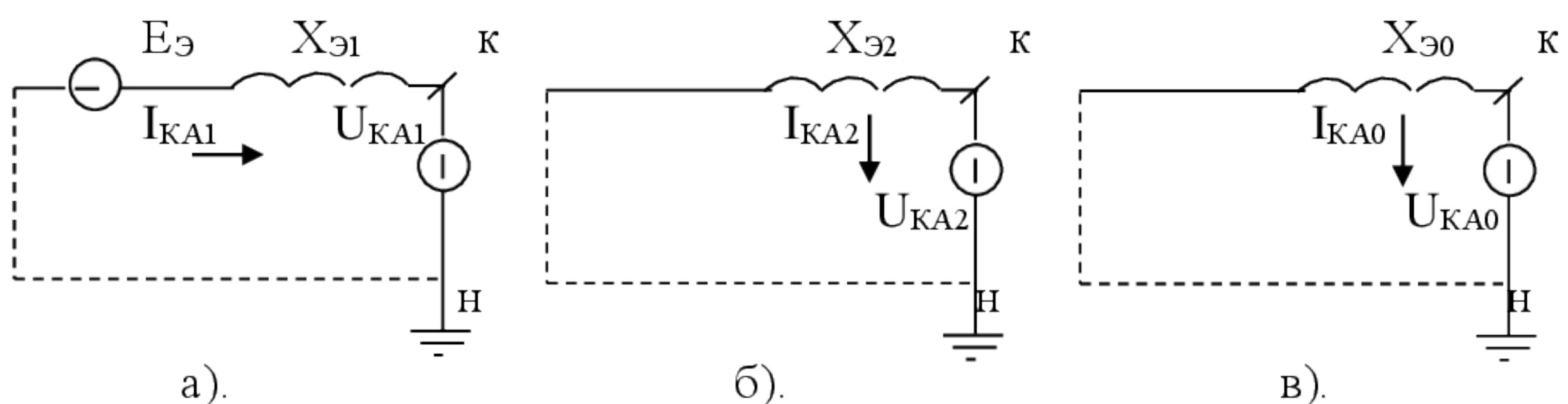
последовательности можно привести к простейшей схеме, из которой ЭДС E_1 и результирующее сопротивление

прямой последовательности $X_{\Sigma 1}$

2. Схема замещения обратной



последовательности по конфигурации не отличается от схемы прямой последовательности. Началом схемы обратной последовательности является точка, объединяющая начало всех генерирующих и нагрузочных ветвей (ЭДС обратной последовательности равны нулю). В конце схемы (в точке КЗ) приложено напряжение U_{KA2} . Параметры элементов схем замещения обратной последовательности для трансформаторов, воздушных линий, кабелей и реакторов те же, что и в схеме прямой последовательности. По сравнению со схемой замещения прямой последовательности изменяются сопротивления обратной последовательности элементов, в состав которых входят вращающиеся машины.



Если для нагрузки сопротивление обратной последовательности не задано, то его можно принимать равным $X_{H(2)}=0,35$ о. е.

Сопротивление обратной последовательности генераторов дается в каталогах в относительных единицах с приведением к номинальным параметрам генератора.

Схема замещения обратной последовательности приводится к виду, изображенному на рис. 1, б. Здесь $X_{э2}$ является результирующим сопротивлением обратной последовательности.

3. Вид схемы замещения нулевой последовательности зависит от заземления нейтралей сети высшего напряжения (110 кВ и выше), количества трансформаторов и автотрансформаторов, схем соединения их обмоток. Если нейтраль трансформатора будет незаземлена, то не будет контура для протекания тока нулевой последовательности. При соединении обмотки трансформатора в треугольник ток нулевой последовательности в этой обмотке протекает, но далее пути для него нет.

В схеме замещения нулевой последовательности по сравнению с прямой изменяются сопротивления линий электропередачи. Это обусловлено особенностями циркуляции токов нулевой последовательности.

Составление схемы замещения нулевой последовательности следует начинать от точки КЗ, где приложено напряжение U_{KA0} и являющейся концом

объединяются в общую точку, получая начало схемы замещения нулевой последовательности. Затем схему свертывают относительно точки КЗ для определения результирующей величины сопротивления нулевой последовательности $X_{\Sigma 0}$ (рис. 1, в).

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическое занятие №7.

Расчет тока КЗ

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету тока короткого замыкания

Общий порядок аналитического расчета электрических сетей при КЗ.

После составления схем замещения электрической схемы и определения параметров их элементов возникает необходимость определения токов и напряжений как в месте повреждения, так и в любом заданном месте.

Для этого используются обычные методы, которые изучались в курсах "Теоретические основы электротехники" и "Электрические сети и системы".

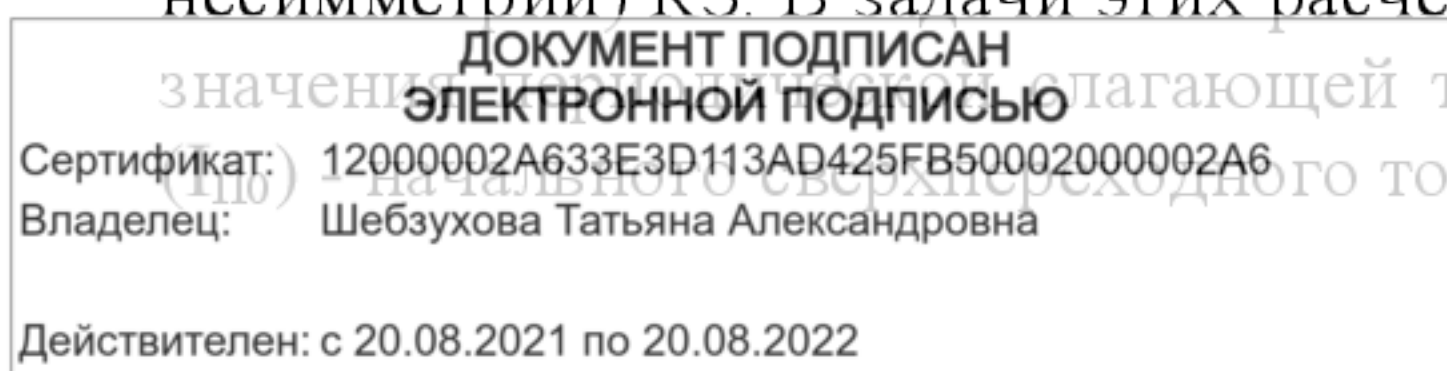
1. Приведение схемы замещения к простейшему виду.

Для этого используются методы параллельного и последовательного сложения сопротивлений, преобразования треугольника в звезду и обратно, метод эквивалентных ЭДС.

Иногда в более сложных случаях при преобразовании схемы замещения возникает необходимость применения способа разреза схемы. Преобразование схемы выгодно вести так, чтобы аварийная ветвь по возможности была сохранена до конца преобразований или участвовала в них только на последних этапах.

2. При ручном расчете иногда бывает удобней использовать принцип наложения. Для этого необходимо определять собственные и взаимные сопротивления схемы замещения.

В КР производятся расчеты начальной стадии переходного процесса при трехфазном и несимметричных (при однократной поперечной несимметрии) КЗ. В задачи этих расчетов входит определение действующего тока КЗ в начальный момент времени I'' , а также ударного тока (i_y, I_y).



При выполнении расчетов используются все те допущения, которых были изложены ранее. Кроме них, в практических расчетах по определению начального сверхпереходного тока допускается равенство продольных и поперечных сверхпереходных реактивностей синхронных машин ($x''_d = x''_q$), вне зависимости от их типов, что значительно упрощает расчеты.

При расчетах несимметричных КЗ предполагается, что периодическая слагающая тока состоит только из основной гармоники, т.е. пренебрегают высшими гармониками.

При расчете $I_{по}$ должны быть учтены все синхронные генераторы и компенсаторы, а также синхронные асинхронные двигатели мощностью 100 кВт и более если они не отделены от точки КЗ токоограничивающими реакторами или силовыми трансформаторами. В автономных системах следует учитывать и электродвигатели мощностью менее 100 кВт, если их доля в суммарном КЗ составляет не менее 5 %.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическое занятие №8.

Расчет тока ударного КЗ

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету тока короткого замыкания прямой последовательности

Синхронные и асинхронные машины в схему замещения прямой последовательности должны быть введены сверхпереходными сопротивлениями (x''_d) и сверхпереходными ЭДС численно равными, значениям этих ЭДС в момент, предшествующий КЗ (E''). При отсутствии данных по E'' значение ЭДС для различных элементов сети могут быть определены соответствии с табл. 1.

Нагрузка в схеме замещения учитывается приближенно, как источник со сверхпереходным сопротивлением $x''_H=0,35$ и ЭДС $E''_H=0,85$ (если не заданы другие величины).

Все остальные элементы сети входят с заданными параметрами, приведенными к одной базисной мощности, S_B (в о. е.), либо к одной ступени напряжения (в именованных единицах).

Для расчетов и анализа несимметричных КЗ важным выводом является

правило **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ** прямой последовательности. Суть этого правила состоит в том, что ток прямой последовательности любого несимметричного КЗ можно определить как ток некоторого эквивалентного трехфазного КЗ, удаленного от действительной точки повреждения на дополнительное

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

сопротивление $\Delta x^{(n)}$ (шунт КЗ), величина которого определяется результирующими сопротивлениями схем обратной и нулевой последовательности, ($x_{\Sigma 2}$ и $x_{\Sigma 0}$) относительно, места КЗ и зависит от вида КЗ. В соответствии с этим правилом эквивалентная схема прямой последовательности имеет вид, изображенный на рис. 2.

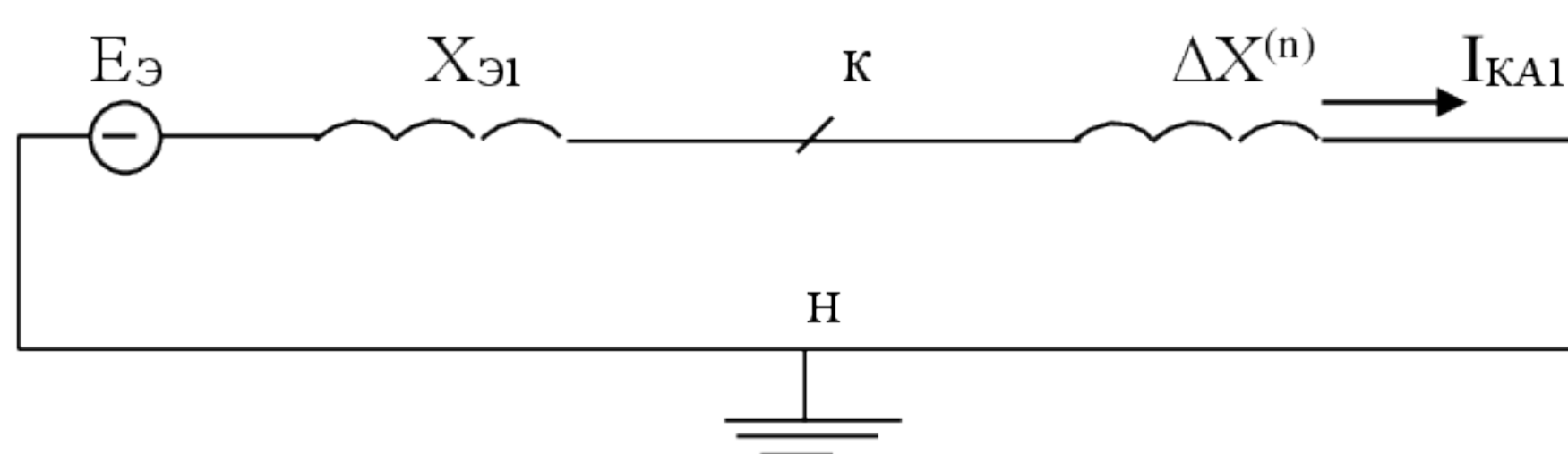


Рис.2

Ток прямой последовательности особой фазы (А) в месте КЗ при любом несимметричном КЗ (n) следует определять до формуле

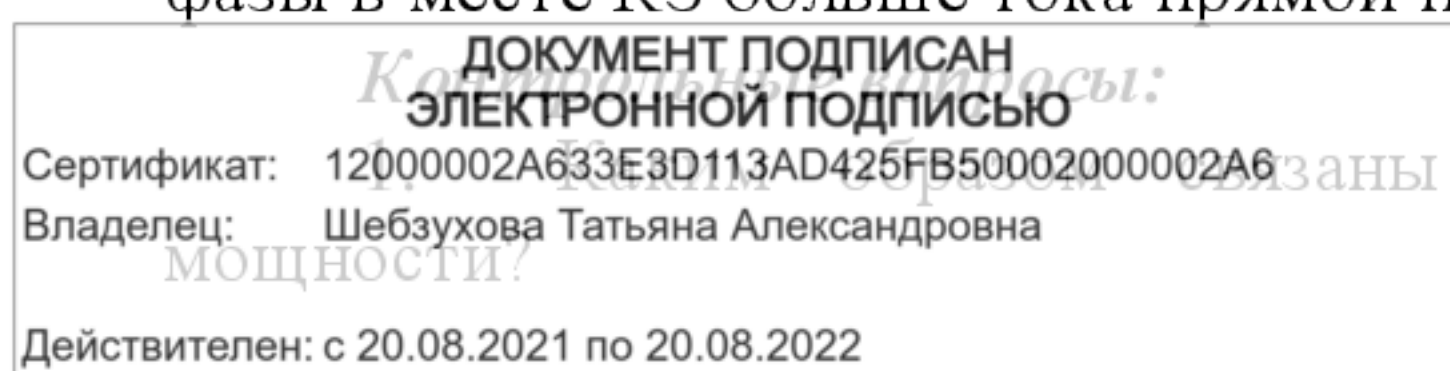
$$I_{KA1}^{(n)} = \frac{E_{\Sigma}}{j(x_{\Sigma 1} + \Delta x^{(n)})} \quad (2)$$

где $\Delta x^{(n)}$ - дополнительное сопротивление (определяется в соответствии с табл. 2).

Схемы замещения всех трех последовательностей методом преобразований приводятся к простейшему виду. При этом определяются суммарные сопротивления схемы каждой последовательности относительно места КЗ $x_{\Sigma 1}$, $x_{\Sigma 2}$, $x_{\Sigma 0}$, а в схеме прямой последовательности E_{Σ} . При выполнении преобразований схем следует выбирать такую последовательность, чтобы число преобразований, особенно сложных, было наименьшим. Это обеспечивает меньшее количество ошибок в вычислениях и экономит расчетное время. В тоже время последовательность преобразований должна быть такова, чтобы в последнюю очередь преобразовались те части схемы, в ветвях которых необходимо определить токи и остаточные напряжения. Таким образом, сокращается объем вычислений при обратном разворачивании схемы. Полный ток поврежденной фазы в месте КЗ равен

$$I_k^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{KA1}^{(n)} \quad (3)$$

где $m^{(n)}$ - коэффициент, показывающий, во сколько раз ток поврежденной фазы в месте КЗ больше тока прямой последовательности



расчетные активная и реактивная

2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

Практическое занятие №9.

Расчет трехфазного тока КЗ

Формируемые компетенции

ПК-2	Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов
Индикаторы достижения компетенции	ИД-3ПК-2 Обеспечивает заданные параметры режима системы электроснабжения объекта
й	

Знать: физику переходных процессов при трехфазном токе КЗ;

Уметь: анализировать результаты расчетов трехфазного тока КЗ

Владеть: навыками расчета трехфазного тока КЗ

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету трехфазного тока КЗ

Токи и напряжения обратной и нулевой последовательности в месте повреждения связаны определенными соотношениями с токами и напряжениями прямой последовательности для расчетной фазы, которые определяются видом повреждения. Если принять для всех несимметричных повреждений за расчетную фазу А, соотношения будут:

- для двухфазного КЗ

$$I_{KA2} = -I_{KA1}; U_{KA1} = U_{KA2} \quad (4)$$

- для однофазного КЗ

$$I_{KA1} = I_{KA2} - I_{KA0}; U_{KA1} + U_{KA2} + U_{KA0} = 0 \quad (5)$$

- для двухфазного на землю

$$I_{KA1} + I_{KA2} + I_{KA0} = 0; U_{KA1} = U_{KA2} - U_{KA0}$$

$$I_{KA2} = -I_{KA1} \frac{\Delta x^{(1,1)}}{x_{\Sigma 2}}; I_{KA0} = -I_{KA1} \frac{\Delta x^{(1,1)}}{x_{\Sigma 0}} \quad (6)$$

Полные токи в фазах соответственно:

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$I_{KA} = I_{KA1} + I_{KA2} + I_{KA0}$$

$$I_{KB} = a^2 I_{KA1} + a I_{KA2} + I_{KA0} \quad (7)$$

$$I_{KC} = aI_{KA1} + a^2I_{KA2} + I_{KA0}$$

$$\text{где } a = e^{j120} = -0.5 + j\frac{\sqrt{3}}{2}; a^2 = e^{j240} = -0.5 - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Напряжения различных последовательностей в месте повреждения находятся как (рис 1)

$$U_{KA1} = jI_{KA1} \cdot \Delta x^{(n)}$$

$$U_{KA2} = -jI_{KA2} \cdot x_{\Sigma 2} \quad (8)$$

$$U_{KA0} = -jI_{KA0} \cdot x_{\Sigma 0}$$

Полные напряжения отдельных фаз в месте повреждения определяются через соответствующие (U_{KA1} , U_{KA2} , U_{KA0}) по соотношениям, аналогичным для токов

$$U_{KA} = U_{KA1} + U_{KA2} + U_{KA0}$$

$$U_{KB} = a^2U_{KA1} + aU_{KA2} + U_{KA0} \quad (9)$$

$$U_{KC} = aU_{KA1} + a^2U_{KA2} + U_{KA0}$$

Для нахождения фазных токов и напряжений в заданном сечении необходимо произвести расчет токораспределений в схемах всех последовательностей, последовательно разворачивая каждую из них. Исходным для этих расчетов является получение значения токов и напряжений различных последовательностей в месте повреждений (рис 3).

При разворачивании схем пользуются известными правилами и законами распределения токов в линейных электрических цепях, для схем прямой последовательности напряжение в какой - либо удаленной от места повреждения точке (m) будет определяться как

$$U_{ma1} = U_{ka1} + \sum_{i=1, n} I_{mi1} jx_{mi1} \quad (10)$$

где $\sum_{i=1, n} I_{mi1} jx_{mi1}$ - сумма падений напряжения в ветвях по пути от точки

повреждения до заданной m ;

I_{mi1} -ток ветвей с сопротивлением x_{mi1} ;

n -число ветвей на пути преобразования от точки n до m .

Напряжения прямой и нулевой последовательности в сечении " m "

$$U_{ma2} = U_{ka2} + \sum_{i=1,n} I_{mi2} jx_{mi2}$$

$$U_{ma0} = U_{ka0} + \sum_{i=1,n} I_{mi0} jx_{mi0} \quad (11)$$

Для этих схем по мере удаления расчетного сечения от места повреждения абсолютная величина напряжения уменьшается. Все преобразования выполняются по схеме замещений. При наличии на пути преобразования трансформаторов необходимо учесть, что взаимная ориентация векторов токов и напряжения различных последовательностей может изменяться, группой соединения обмоток этих трансформаторов.

Векторы напряжений и токов различных последовательностей при переходе через трансформаторы получают определенное угловое смещение. Поэтому полученные значения токов и напряжений в сечении (m) должны быть умножены на оператор поворота $e^{j\beta}$, в котором $\beta = (-1)^N$, в котором N - номер группы соединений обмоток трансформатора. При переходе через трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y или Δ/Δ (группа 12) углового смещения нет. При переходе через трансформаторы с наиболее часто встречающейся группой Y/ Δ -11 составляющие прямой последовательности поворачиваются на угол 30 градусов по направлению вращения векторов (e^{j30}), обратной последовательности на 30 градусов против направления вращения векторов (e^{j30}). Поэтому выражения для напряжений U_{ma1} и U_{ma2} при одной трансформации будут иметь вид:

$$U_{ma1} = (U_{ka1} + \sum_{i=1,n} I_{mi1} jx_{mi1}) e^{j30}$$

$$U_{ma2} = (U_{ka2} + \sum_{i=1,n} I_{mi2} jx_{mi2}) e^{-j30} \quad (12)$$

При переходе с треугольника на звезду - наоборот, прямая на (e^{-j30}), обратная на (e^{j30}). В общей случае, когда на пути разворачивания схемы встречается не одна трансформация, поворот должен быть учтен соответствующее число раз. Токи нулевой последовательности трансформируются лишь при переходе через трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
8.1.1. Перечень основной литературы:
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

литературы, необходимой для освоения

1. Пилипенко, В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие/ В.Т. Пилипенко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 124 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=330565

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Кувшинов А.А. Теория электропривода. Часть 3: Переходные процессы в электроприводе: учебное пособие/ А.А. Кувшинов, Э.Л. Греков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 114 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=481766

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям.
3. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> - ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению расчетно-графических работ
по дисциплине

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»
направления подготовки

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	3
1.	Цель, задачи и реализуемые компетенции	4
2.	Формулировка задания и ее объем	5
3.	Общие требования к написанию и оформлению работы	9
4.	Рекомендации по выполнению задания	11
5.	План-график выполнения задания	18
6.	Критерии оценивания работы	19
7.	Порядок защиты работы	21
	Список рекомендуемой литературы	22

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Цель, задачи и реализуемые компетенции

Основной целью изучения дисциплины «**Переходные процессы в электроэнергетических системах**» является получение знаний о построении и режимах работы систем электроснабжения промышленных и гражданских объектов, а также объектов сельского хозяйства и транспортных систем.

Задачей дисциплины является изучение физических основ формирования режимов электропотребления, освоение основных методов расчёта интегральных характеристик режимов и определения расчётных нагрузок, показателей качества электроснабжения, изучение методов достижения заданного уровня надёжности оборудования и систем электроснабжения.

При выполнении расчетно-графической работы реализуются следующие компетенции:

Индекс	Формулировка:
ПК-2	Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов
Индикаторы достижения компетенций	ИД-3ПК-2 Обеспечивает заданные параметры режима системы электроснабжения объекта

Формулировка задания и ее объем.

– Базовый уровень

Рассчитать электрические нагрузки групп электроприемников методом упорядоченных диаграмм показателей графиков электрических нагрузок по разделу 1.

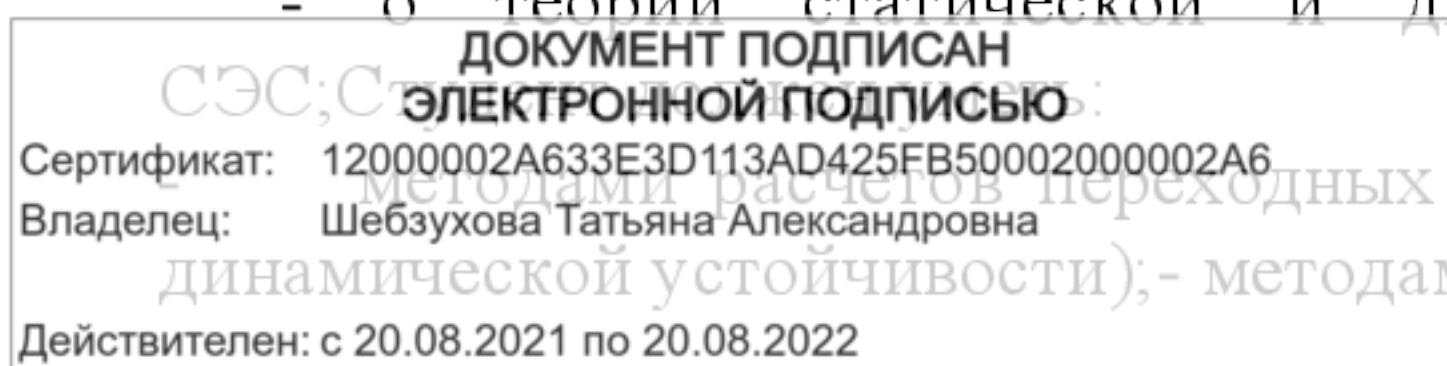
Повышенный уровень

Рассчитать электрические нагрузки групп электроприемников методом упорядоченных диаграмм показателей графиков электрических нагрузок по разделу 1-4.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В итоге изучения дисциплины студент должен знать:

- об объектах, явлениях, процессах и методах анализа поведения электроэнергетической системы (ЭЭС) и систем электроснабжения (СЭС) при различных нарушениях;
- о теории статической и динамической устойчивости ЭЭС и



режимов ЭЭС и СЭС (статической и динамической устойчивости); - методами анализа поведения ЭЭС и СЭС;

уметь использовать:

- - математические модели и программные комплексы для анализа переходных процессов;

Выполнять необходимые расчеты;

формирования и постановки задач расчета переходных режимов ЭЭС и СЭС;

- использования современной вычислительной техники для расчетов устойчивости ЭЭС и СЭС.

Общие требования к написанию и оформлению работы.

Основные требования к работе

При выполнении и оформлении контрольной по ГОСТу надо учитывать общие требования, которые предъявляются к работе:

- студент должен придерживаться заданной тематики;
- запрещено менять тему самостоятельно без обращения к преподавателю;
- при оформлении работы нужно учитывать нормы и ГОСТы;
- контрольная выполняется на основании не менее семи источников, выбранных автором;
- работа должна быть авторской, в ней должны содержаться собственные выводы студента;
- текст контрольной должен иметь объем не менее 7 листов.

Оформление по ГОСТу текста контрольной

Когда работа выполнена, ее необходимо привести в соответствующий вид согласно ГОСТам:

- контрольную набирают в Word или другом текстовом редакторе с аналогичным функционалом;
- при наборе нужно использовать шрифт Times New Roman;
- интервал между строк — полуторный;
- размер шрифта — 14;
- текст выравнивается по ширине;
- в тексте делают красные строки с отступом в 12,5 мм;
- нижнее и верхнее поля страницы должны иметь отступ в 20 мм;
- слева отступ составляет 30 мм, справа — 15 мм;
- контрольная всегда нумеруется с первого листа, но на титульном листе номер не ставят;
- номер страницы в работе всегда выставляется в верхнем правом углу;
- заголовки работы оформляются жирным шрифтом;

- абзацы начинаются с отступа, точка не предусмотрена;

- заголовки набираются прописными буквами;

- все пункты и разделы в работе должны быть пронумерованы

- названия разделов размещаются посередине строки, подразделы – с левого края;
- работа распечатывается в принтере на листах А4;
- текст должен располагаться только на одной стороне листа.

Работа имеет такую структуру:

1. Титульный лист;
2. Оглавление и введение;
3. Основной текст и расчет контрольной;
4. Заключительная часть работы;
5. Перечень использованной литературы и источников;
6. Дополнения и приложения.

Если в работе есть приложения, о них надо упоминать в оглавлении.

Ссылки нумеруются арабскими цифрами, при этом учитывают структуру работы (разделы и подразделы).

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рекомендации по выполнению задания.

При расчетах токов КЗ допускается не учитывать:

1. Сдвиг по фазе ЭДС и изменение частоты вращения роторов синхронных машин, если продолжительность КЗ не превышает 0,5 с;
2. Ток намагничивания силовых трансформаторов и автотрансформаторов;
3. Насыщение магнитных систем электрических машин;
4. Поперечную емкость воздушных линий электропередачи ($U=110-220\text{ кВ}$, если их длина не превышает 200 км, и $U=330-600\text{ кВ}$, если длина не превышает 150 км);
5. Активные сопротивления элементов сети напряжением свыше 35 кВ.

В электрической трехфазной системе напряжением 110 кВ и выше возможны следующие виды КЗ: трехфазное - $K^{(3)}$; двухфазное - $K^{(2)}$; двухфазное на землю - $K^{(1,1)}$; однофазное на землю - $K^{(1)}$. Расчеты токов КЗ производятся с помощью расчетных схем сети, в которые вводятся все участвующие в питании места КЗ источники, а также элементы (трансформаторы, линии, реакторы и др.) с учетом их связей, как с местом КЗ, так и между собой. Для упрощения проводимых расчетов целесообразно в расчетной схеме все магнитосвязанные цепи заменить одной эквивалентной электрически связанной цепью, т.е. составить схему замещения. Для расчета несимметричных КЗ рекомендуется использовать метод симметричных составляющих и правило эквивалентности прямой последовательности.

2.2 Определение параметров элементов эквивалентных схем замещения.

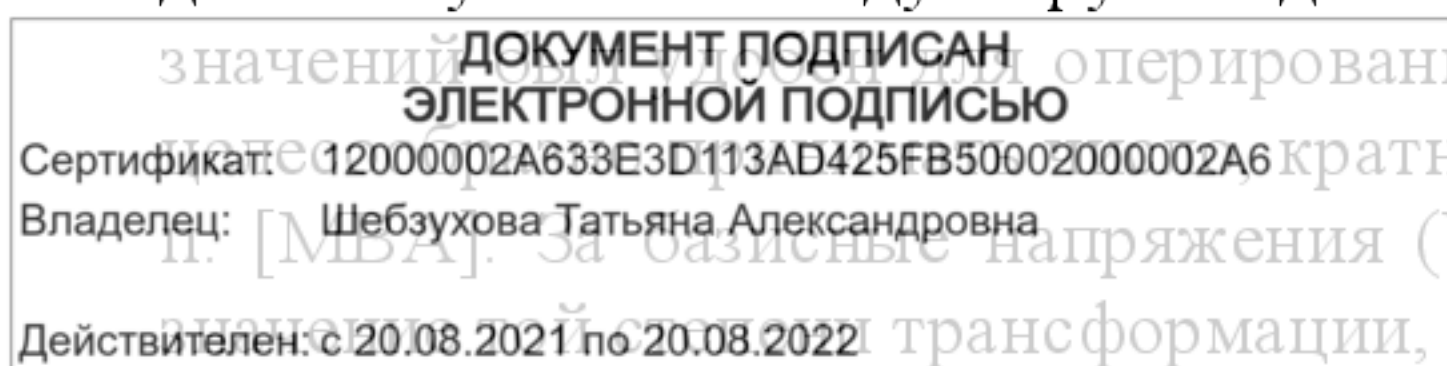
Параметры эквивалентных схем замещения могут быть определены:

1. В именованных и относительных единицах приведением значений параметров расчетных схем к выбранной основной (базисной) ступени напряжения сети с учетом фактических коэффициентов трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

2. В относительных и именованных единицах значений параметров расчетных схем к выбранным базисным условиям с учетом средних коэффициентов трансформации, равных отношению средних номинальных напряжений сетей соответствующих ступеней напряжений. Рекомендуется использовать шкалу средних номинальных между фазных напряжений сетей в [кВ]: 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 37; 115; 154; 230; 340; 515; 750.

В первом случае рассчитывают токи КЗ при наличии данных с фактических коэффициентов трансформации. Наиболее предпочтителен для практических расчетов (рекомендуется в КР) второй способ приведения. Расчетные выражения для этого способа приведены в табл. 1. При выборе данных условий следует руководствоваться тем, чтобы порядок числовых

значений параметров, входящих в формулы, оперирования с ними. За базисную мощность (S_6) рекомендуется принимать кратное десяти. Например, 10, 100, 1000 и т. п. [МВА]. За базисные напряжения (U_6) рекомендуется принимать среднее значение номинальных напряжений сетей трансформации, где находится точка КЗ.



Базисный ток и сопротивление определяются по выражениям:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad Z_6 = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot I_6} = \frac{U_6}{S_6} \quad (1)$$

2.3. Составление схем замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей

Определение параметров их элементов. (В дальнейшем приняты широко распространенные обозначения индексов для параметров прямой, обратной и нулевой последовательностей: 1, 2, 0).

1. Схема замещения прямой последовательности аналогична схеме, которая составляется для расчетов симметричного КЗ. В зависимости от момента времени и метода расчета все элементы, в состав которых входят вращающиеся машины (генераторы, нагрузки двигатели, системы и т.п.), вводятся в схему замещения прямой последовательности соответствующими реактивными ЭДС. Все остальные элементы вводятся в схему неизменными сопротивлениями.

Началом схемы (н) прямой последовательности считается точка, в которой объединены свободные концы всех генерирующих и нагрузочных ветвей. В месте несимметрии (конец схемы - к) действует ЭДС, равная напряжению прямой последовательности. Любую схему прямой последовательности можно привести к простейшей схеме, из которой определяется результирующая ЭДС E_Σ и результирующее сопротивление прямой последовательности $X_{\Sigma 1}$

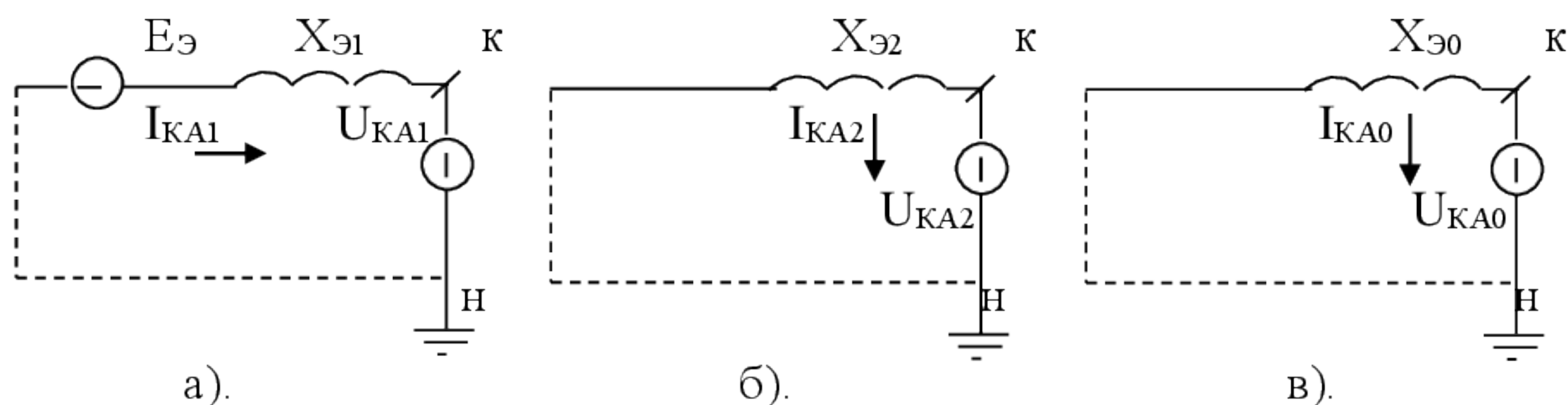


Рис. 1

2. Схема замещения обратной последовательности по конфигурации не отличается от схемы прямой последовательности. Началом схемы обратной последовательности является точка, объединяющая начало всех генерирующих и нагрузочных ветвей (ЭДС обратной последовательности равны нулю).

трансформаторов, воздушных линий, кабелей и реакторов те же, что и в схеме прямой последовательности. По сравнению со схемой замещения прямой последовательности изменяются сопротивления обратной последовательности элементов, в состав которых входят вращающиеся машины.

Если для нагрузки сопротивление обратной последовательности не задано, то его можно принимать равным $X_{H(2)}=0,35$ о. е.

Сопротивление обратной последовательности генераторов дается в каталогах в относительных единицах с приведением к номинальным параметрам генератора.

Схема замещения обратной последовательности приводится к виду, изображенному на рис. 1, б. Здесь $X_{\Sigma 2}$ является результирующим сопротивлением обратной последовательности.

3. Вид схемы замещения нулевой последовательности зависит от заземления нейтралей сети высшего напряжения (110 кВ и выше), количества трансформаторов и автотрансформаторов, схем соединения их обмоток. Если нейтраль трансформатора будет незаземлена, то не будет контура для протекания тока нулевой последовательности. При соединении обмотки трансформатора в треугольник ток нулевой последовательности в этой обмотке протекает, но далее пути для него нет.

В схеме замещения нулевой последовательности по сравнению с прямой изменяются сопротивления линий электропередачи. Это обусловлено особенностями циркуляции токов нулевой последовательности.

Составление схемы замещения нулевой последовательности следует начинать от точки КЗ, где приложено напряжение $U_{КА0}$ и являющейся концом схемы замещения. Далее в схему вводятся те элементы, по которым протекают токи нулевой последовательности. Концы этих элементов, имеющих потенциалы земли, т. е. заземленные нейтралы трансформаторов (автотрансформаторов) и обмотки, соединенные треугольником, объединяются в общую точку, получая начало схемы замещения нулевой последовательности. Затем схему свертывают относительно точки КЗ для определения результирующей величины сопротивления нулевой последовательности $X_{\Sigma 0}$ (рис. 1, в).

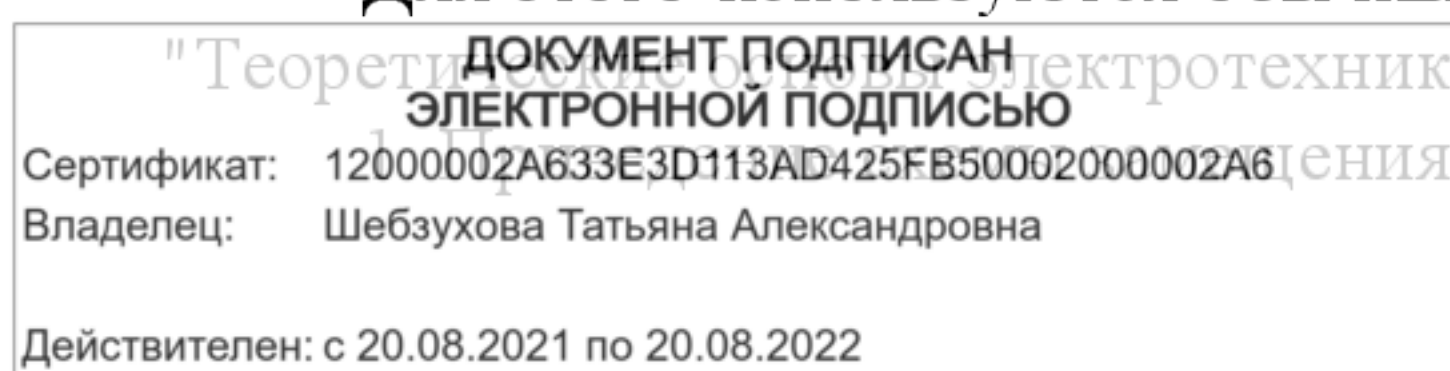
При определении сопротивлений любых схем замещения следует использовать формулы, приведенные в табл. 1.

2.4. Общий порядок аналитического расчета электрических сетей при КЗ.

После составления схем замещения электрической схемы и определения параметров их элементов возникает необходимость определения токов и напряжений как в месте повреждения, так и в любом заданном месте.

Для этого используются обычные методы, которые изучались в курсах "Теоретические основы электротехники" и "Электрические сети и системы".

Схема замещения приводится к простейшему виду.



Для этого используются методы параллельного и последовательного сложения сопротивлений, преобразования треугольника в звезду и обратно, метод эквивалентных ЭДС.

Иногда в более сложных случаях при преобразовании схемы замещения возникает необходимость применения способа разреза схемы. Преобразование схемы выгодно вести так, чтобы аварийная ветвь по возможности была сохранена до конца преобразований или участвовала в них только на последних этапах.

2. При ручном расчете иногда бывает удобней использовать принцип наложения. Для этого необходимо определять собственные и взаимные сопротивления схемы замещения.

В КР производятся расчеты начальной стадии переходного процесса при трехфазном и несимметричных (при однократной поперечной несимметрии) КЗ. В задачи этих расчетов входит определение действующего значения периодической слагающей тока КЗ в начальный момент времени ($I_{п0}$) - начального сверхпереходного тока (I''), а также ударного тока (i_y, I_y).

При выполнении расчетов используются все те допущения, которых были изложены ранее. Кроме них, в практических расчетах по определению начального сверхпереходного тока допускается равенство продольных и поперечных сверхпереходных реактивностей синхронных машин ($x''_d = x''_q$), вне зависимости от их типов, что значительно упрощает расчеты.

При расчетах несимметричных КЗ предполагается, что периодическая слагающая тока состоит только из основной гармоники, т.е. пренебрегают высшими гармониками.

2.5. Расчет начального значения периодической составляющей тока КЗ

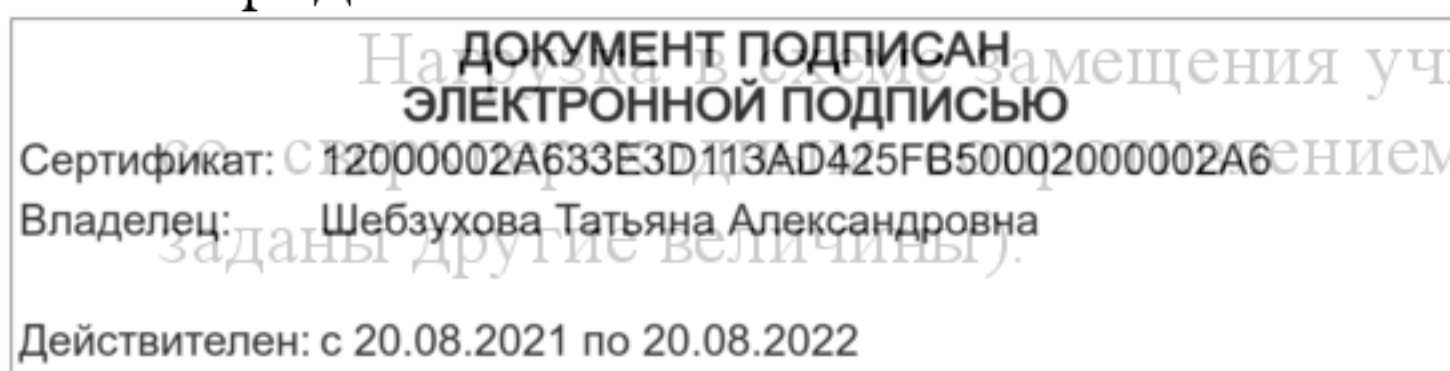
2.5.1. Общие положения

При расчете $I_{п0}$ должны быть учтены все синхронные генераторы и компенсаторы, а также синхронные асинхронные двигатели мощностью 100 кВт и более если они не отделены от точки КЗ токоограничивающими реакторами или силовыми трансформаторами. В автономных системах следует учитывать и электродвигатели мощностью менее 100 кВт, если их доля в суммарном КЗ составляет не менее 5 %.

2.5.2. Расчетные параметры схемы замещения прямой последовательности

Синхронные и асинхронные машины в схему замещения прямой последовательности должны быть введены сверхпереходными сопротивлениями (x''_d) и сверхпереходными ЭДС численно равными, значениям этих ЭДС в момент, предшествующий КЗ (E''). При отсутствии данных по E'' значения ЭДС для различных элементов сети могут быть определены соответствии с табл. 1.

На схеме замещения учитывается приближенно, как источник ЭДС $E''_H=0,35$ и ЭДС $E''_H=0,85$ (если не заданы другие величины).



Все остальные элементы сети входят с заданными параметрами, приведенными к одной базисной мощности, S_B (в о. е.), либо к одной ступени напряжения (в именованных единицах).

2.5.3. Составление эквивалентных схем прямой последовательности для различных видов КЗ и определение полных токов.

Для расчетов и анализа несимметричных КЗ важным выводом является правило эквивалентности прямой последовательности. Суть этого правила состоит в том, что ток прямой последовательности любого несимметричного КЗ можно определить как ток некоторого эквивалентного трехфазного КЗ, удаленного от действительной точки повреждения на дополнительное сопротивление $\Delta x^{(n)}$ (шунт КЗ), величина которого определяется результирующими сопротивлениями схем обратной и нулевой последовательности, ($x_{\Sigma 2}$ и $x_{\Sigma 0}$) относительно, места КЗ и зависит от вида КЗ. В соответствие с этим правилом эквивалентная схема прямой последовательности имеет вид, изображенный на рис. 2.

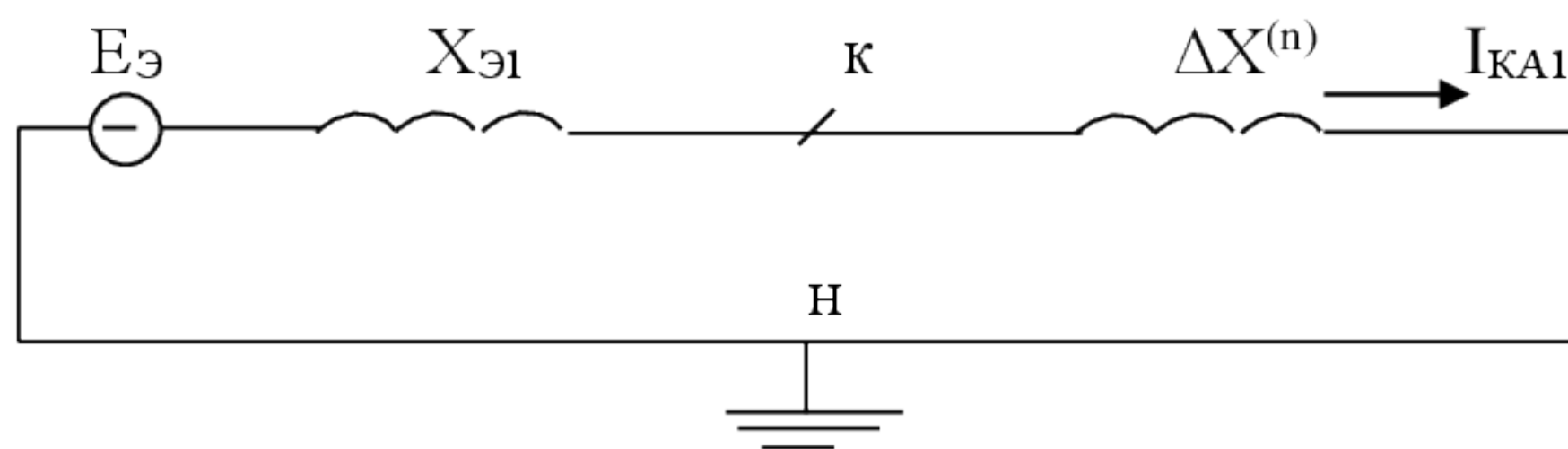


Рис.2

Ток прямой последовательности особой фазы (А) в месте КЗ при любом несимметричном КЗ (n) следует определять до формуле

$$I_{KA1}^{(n)} = \frac{E_{\Sigma}}{j(x_{\Sigma 1} + \Delta x^{(n)})} \quad (2)$$

где $\Delta x^{(n)}$ - дополнительное сопротивление (определяется в соответствии с табл. 2).

Схемы замещения всех трех последовательностей методом преобразований приводятся к простейшему виду. При этом определяются суммарные сопротивления схемы каждой последовательности относительно места КЗ $x_{\Sigma 1}$, $x_{\Sigma 2}$, $x_{\Sigma 0}$, а в схеме прямой последовательности E_{Σ} . При выполнении преобразований схем следует выбирать такую последовательность, чтобы число преобразований, особенно сложных, было наименьшим. Это обеспечивает меньшее количество ошибок в вычислениях

токи и остаточные напряжения. Таким образом, сокращается объем вычислений при обратном развертывании схемы. Полный ток поврежденной фазы в месте КЗ равен

$$I_k^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{KA1}^{(n)} \quad (3)$$

где $m^{(n)}$ - коэффициент, показывающий, во сколько раз ток поврежденной фазы в месте КЗ больше тока прямой последовательности (табл. 2.)

Таблица 2

<i>Вид КЗ</i>	n	$\Delta x^{(n)}$	Значение коэффициента $m^{(n)}$
Трёхфазное	0	0	1
Двухфазное	2	$x_{\Sigma 2}$	$\sqrt{3}$
Однофазное	1	$x_{\Sigma 2} + x_{\Sigma 0}$	3
Двухфазное на землю	1.1	$\frac{x_{\Sigma 2} \cdot x_{\Sigma 0}}{x_{\Sigma 2} + x_{\Sigma 0}}$	$\sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{x_{\Sigma 2} \cdot x_{\Sigma 0}}{(x_{\Sigma 2} + x_{\Sigma 0})^2}}$

2.5.4. *Определение симметричных, фазных токов и напряжений в месте КЗ и заданных сечениях.*

Токи и напряжения обратной и нулевой последовательности в месте повреждения связаны определенными соотношениями с токами и напряжениями прямой последовательности для расчетной фазы, которые определяются видом повреждения. Если принять для всех несимметричных повреждений за расчетную фазу А, соотношения будут:

- для двухфазного КЗ

$$I_{KA2} = -I_{KA1}; U_{KA1} = U_{KA2} \quad (4)$$

- для однофазного КЗ

$$I_{KA1} = I_{KA2} - I_{KA0}; U_{KA1} + U_{KA2} + U_{KA0} = 0 \quad (5)$$

- для двухфазного на землю

$$\begin{aligned} I_{KA1} + I_{KA2} + I_{KA0} &= 0; U_{KA1} = U_{KA2} - U_{KA0} \\ I_{KA2} &= -I_{KA1} \frac{\Delta x^{(1,1)}}{r}; I_{KA0} = -I_{KA1} \frac{\Delta x^{(1,1)}}{r} \end{aligned} \quad (6)$$

$$I_{KB} = a^2 I_{KA1} + a I_{KA2} + I_{KA0} \quad (7)$$

$$I_{KC} = a I_{KA1} + a^2 I_{KA2} + I_{KA0}$$

$$\text{где } a = e^{j120} = -0.5 + j \frac{\sqrt{3}}{2}; a^2 = e^{j240} = -0.5 - j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Напряжения различных последовательностей в месте повреждения находятся как (рис 1)

$$U_{KA1} = j I_{KA1} \cdot \Delta x^{(n)}$$

$$U_{KA2} = -j I_{KA2} \cdot x_{\Sigma 2} \quad (8)$$

$$U_{KA0} = -j I_{KA0} \cdot x_{\Sigma 0}$$

Полные напряжения отдельных фаз в месте повреждения определяются через соответствующие (U_{KA1} , U_{KA2} , U_{KA0}) по соотношениям, аналогичным для токов

$$U_{KA} = U_{KA1} + U_{KA2} + U_{KA0}$$

$$U_{KB} = a^2 U_{KA1} + a U_{KA2} + U_{KA0} \quad (9)$$

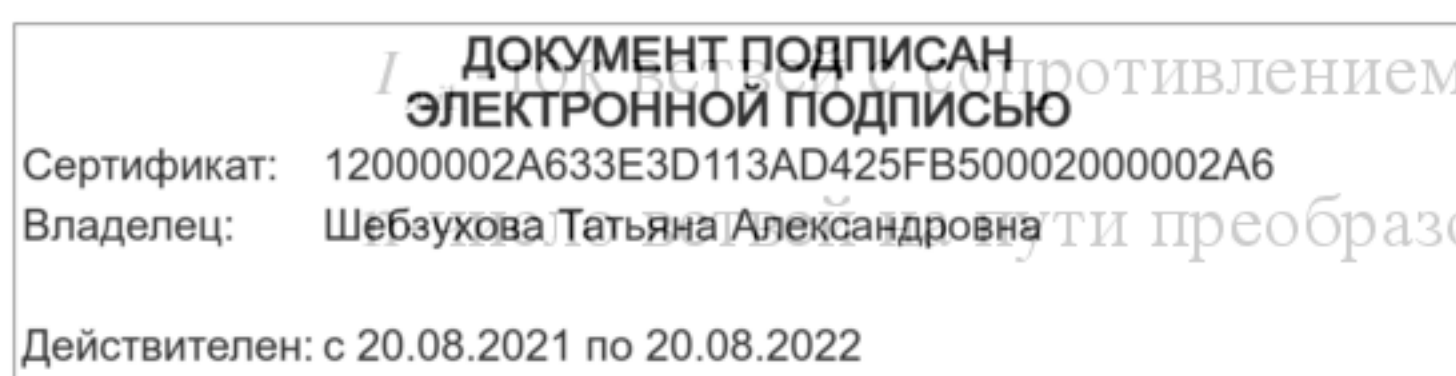
$$U_{KC} = a U_{KA1} + a^2 U_{KA2} + U_{KA0}$$

Для нахождения фазных токов и напряжений в заданном сечении необходимо произвести расчет токораспределений в схемах всех последовательностей, последовательно разворачивая каждую из них. Исходным для этих расчетов является получение значения токов и напряжений различных последовательностей в месте повреждений (рис 1).

При разворачивании схем пользуются известными правилами и законами распределения токов в линейных электрических цепях, для схем прямой последовательности напряжение в какой - либо удаленной от места повреждения точке (m) будет определяться как

$$U_{ma1} = U_{ka1} + \sum_{i=1, n} I_{mi1} j x_{mi1} \quad (10)$$

где $\sum_{i=1, n} I_{mi1} j x_{mi1}$ - сумма падений напряжения в ветвях по пути от точки повреждения до заданной m ;



x_{mi1} ;

преобразования от точки n до m .

Напряжения обратной и нулевой последовательности в сечении "m" определяются

$$\begin{aligned} U_{ma2} &= U_{ka2} + \sum_{i=1,n} I_{mi2} jx_{mi2} \\ U_{ma0} &= U_{ka0} + \sum_{i=1,n} I_{mi0} jx_{mi0} \end{aligned} \quad (11)$$

Для этих схем по мере удаления расчетного сечения от места повреждения абсолютная величина напряжения уменьшается. Все преобразования выполняются по схеме замещений. При наличии на пути преобразования трансформаторов необходимо учесть, что взаимная ориентация векторов токов и напряжения различных последовательностей может изменяться, группой соединения обмоток этих трансформаторов.

Векторы напряжений и токов различных последовательностей при переходе через трансформаторы получают определенное угловое смещение. Поэтому полученные значения токов и напряжений в сечении (m) должны быть умножены на оператор поворота e^{jp30} , в котором $p=(-1)^N$, в котором N - номер группы соединений обмоток трансформатора. При переходе через трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y или Δ/Δ (группа 12) углового смещения нет. При переходе через трансформаторы с наиболее часто встречающейся группой Y/ Δ -11 составляющие прямой последовательности поворачиваются на угол 30 градусов по направлению вращения векторов (e^{j30}), обратной последовательности на 30 градусов против направления вращения векторов (e^{j30}). Поэтому выражения для напряжений U_{ma1} и U_{ma2} при одной трансформации будут иметь вид:

$$\begin{aligned} U_{ma1} &= (U_{ka1} + \sum_{i=1,n} I_{mi1} jx_{mi1}) e^{j30} \\ U_{ma2} &= (U_{ka2} + \sum_{i=1,n} I_{mi2} jx_{mi2}) e^{-j30} \end{aligned} \quad (12)$$

При переходе с треугольника на звезду - наоборот, прямая на (e^{-j30}), обратная на (e^{j30}). В общей случае, когда на пути разворачивания схемы встречается не одна трансформация, поворот должен быть учтен соответствующее число раз. Токи нулевой последовательности трансформируются лишь при переходе через трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y.

Определив составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей расчетной фазы A, находятся полные токи и напряжений путем их геометрического суммирования по формулам (7) и (9).

Подные токи и напряжения фаз как в месте повреждения, так и в месте сечения, находят графически, путем вычерчивания векторных

Следует помнить, что полученные значения, выражены в относительных единицах, при базисных условиях или именованных, приведенных к базисному напряжению. Для определения действительных значений токов и напряжений необходимо при переходе от относительных единиц учесть базисные условия:

$$\begin{aligned} I_{ma} &= I_{ma*} \cdot \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{cp}m} \\ U_{ma} &= U_{ma*} \cdot \frac{U_{cp}m}{\sqrt{3}} \end{aligned} \quad (13)$$

При переходе от базисных именованных единиц к действительным:

$$\begin{aligned} I_{ma} &= I_{ma} \left(\frac{U_{\delta}}{U_{cp}m} \right)^2 \\ U_{ma} &= U_{ma} \frac{U_{cp}m}{U_{\delta}} \end{aligned} \quad (14)$$

2.6. Расчет периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени

2.6.1. Синхронные генераторы и компенсаторы

В приближенных расчетах для определения действующего значения периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени гидро- и турбогенераторов мощностью до 500 МВт включительно и всех синхронных компенсаторов при радиальной схеме следует применять типовые кривые, приведенные на (рис. 3, б), которые характеризуют изменение этой составляющей во времени при различных удаленностях точки КЗ. Значение периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени отнесены к начальному значению этой составляющей т. е.

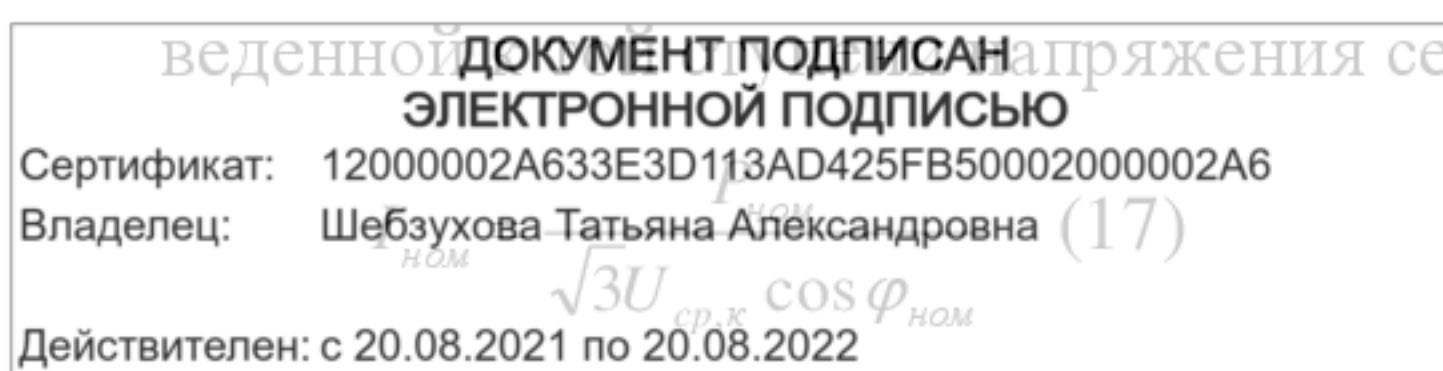
$$\gamma_t = \frac{I_{nt}}{I_{n0}} \quad (15)$$

Удаленность точки КЗ от синхронной машины характеризуется отношением действующего значения периодической составляющей тока этой машины в начальный момент КЗ к номинальному току машины (начальный относительный ток):

$$I_{n0*} = \frac{I_{n0}}{I_{ном}} \quad (16)$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток синхронной машины (группы машин), при-

веденной $\sqrt{3}U_{cp} \cos \varphi_{ном}$ напряжения сети, где находится точка КЗ, кА:



$\cos\varphi_{\text{ном}}$ - номинальный коэффициент мощности;

$U_{\text{ср,к}}$ - среднее номинальное напряжение сети той ступени напряжения, где находится точка КЗ, кВ.

Кривые рис. 3 следует использовать для расчетов действующего значения периодической составляющей тока КЗ от синхронных генераторов, имеющих тиристорную независимую или высокочастотную систему возбуждения, а также от синхронных компенсаторов, кривые рис. 4-5 - от синхронных генераторов, имеющих тиристорную систему самовозбуждения соответственно с последовательными трансформаторами и без последовательных трансформаторов, кривые рис. 6 от синхронных генераторов с диодной бесщеточной системой возбуждения.

Все кривые построены для синхронных генераторов (компенсаторов), у которых кратность предельного напряжения возбуждения по отношению к номинальному напряжению возбуждения не превышает двух. Для гидрогенераторов, имеющих повышенные кратности предельного напряжения возбуждения по отношению к номинальному напряжению возбуждения (больше двух) кривые рис. 3 допускается использовать только при небольшой удаленности точки КЗ, когда $I_{\text{н0}} > 3$. При большей удаленности точки КЗ периодическую составляющую тока КЗ следует принимать неизменной по амплитуде.

Если отношение действующего значения периодической составляющей тока синхронной машины в начальный момент КЗ к номинальному току менее двух, то КЗ следует считать удаленным и периодическую составляющую тока КЗ принимать неизменной по амплитуде.

Расчет действующего значения периодической составляющей КЗ от синхронного генератора (компенсатора) или нескольких однотипных синхронных генераторов (компенсаторов), находящихся в одинаковых условиях (однотипные генераторы и их системы возбуждения, примерно одинаковые мощности, одинаковые условия подключения к месту КЗ) по отношению к точке КЗ, следует вести в следующем порядке:

1. Составить схему замещения для определения начального значения периодической составляющей тока КЗ от синхронной машины (или группы машин) и найти относительный ток $I_{* \text{н0}}$;
2. По кривой $\gamma_t = f(t)$, соответствующей найденному значению $I_{* \text{н0}}$, для заданного момента времени найти отношение токов $I_{\text{нт}} / I_{\text{н0}} = \gamma_t$;
3. Определить действующее значение периодической составляющей тока КЗ от синхронной машины (или группы машин) в кА в момент времени t :

$$I_{\text{нт}} = \gamma_t I_{\text{н0}} I_{\text{ном}} \quad (18)$$

2.6.2. Асинхронные двигатели

В приближенных расчетах для определения действующего значения периодической составляющей тока КЗ от асинхронных электродвигателей в произвольный момент времени при радиальной схеме следует использовать типовые кривые, приведенные на рис. 7, которые характеризуют наименьшее

этой составляющей во времени при разных удаленностях точки КЗ. Значения периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент отнесены к начальному значению этой составляющей:

$$\gamma_{tAD} = \frac{I_{ntAD}}{I_{n0AD}} \quad (19)$$

Удаленность точки КЗ от асинхронного электродвигателя характеризуется отношением действующего значения периодической составляющей тока этого электродвигателя в начальный момент КЗ к его номинальному току (начальный относительный ток):

$$I_{*n0} = \frac{I_{n0AD}}{I_{номAD}} \quad (20)$$

Порядок расчета действующего значения периодической составляющей тока КЗ от асинхронного электродвигателя в произвольный момент времени аналогичен изложенному в п.2.6.1. Значение периодической составляющей тока в кА в момент времени t равно:

$$I_{ntAD} = \gamma_{tAD} I_{*n0} I_{ном} \quad (21)$$

2.6.3. Синхронные двигатели

При приближенных расчетах действующего значения периодической составляющей тока КЗ от синхронного двигателя в произвольный момент времени в радиальной схеме допускается использовать типовые кривые, приведенные на рис. 8, которые характеризует изменение этой составляющей во времени при разных удаленностях точки КЗ. Методика нахождения токов от синхронных двигателей аналогична приведенной в п. 2.6.1, поэтому здесь больше не приводится.

2.6.4. Использование типовых кривых для определения несимметричных токов КЗ в сложных электрических системах

Порядок расчета следующий:

1. Составляются схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей. Обобщенные нагрузки в схемы не вводятся.
2. Расчетная схема прямой последовательности преобразуется к лучевому виду относительно точки КЗ (рис. 9).

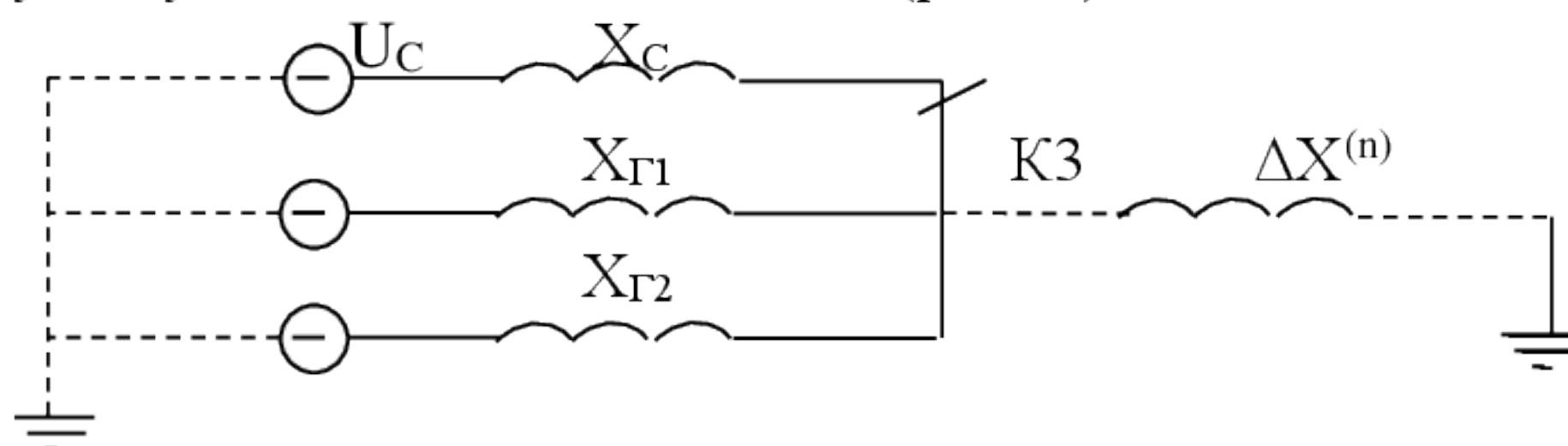


Рис. 9. Преобразование схем

4. Полученная схема вновь преобразуется к лучевому виду (например, с помощью коэффициентов токораспределения).

5. Определяется I_{*n0} , а затем все необходимые токи по выражениям (15-21). Для системы $I_{nt} - \frac{U_c}{x_c} = const.$

6. Для определений общего тока в месте КЗ суммируются токи от всех лучей схемы.

2.7. Определение ударного тока КЗ

Значение ударного тока и действующего значения ударного тока необходимо знать для проверки и выбора электротехнического оборудования в системе. Под ударным током понимается наибольшее мгновенное значение полного тока КЗ.

В простых радиальных электрических схемах ударный ток трехфазного КЗ ($i_{уд}$) в кА следует определять по формуле

$$i_{y\partial} = m^{(n)} \sqrt{2} I_{n0} (1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}) - \sqrt{2} m^{(n)} I_{n0} k_{y\partial} \quad (22)$$

где $K_{уд}$ - удельный коэффициент;

T_a - постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, (табл. 4).

В сложных разветвленных электрических схемах ударный ток КЗ следует рассчитывать путем решения системы уравнение контурных токов или узловых потенциалов (при нулевых начальных условиях), составленных с учетом как индуктивных, так и активных сопротивлений всех элементов расчетной схемы.

При приближенных расчетах ударного тока КЗ в любой сложной схеме допускается использование формулы:

$$i_{y\partial} = I_{n0} (1 + e^{-\frac{0.01}{T_{a,эк}}}) m^{(n)} \quad (23)$$

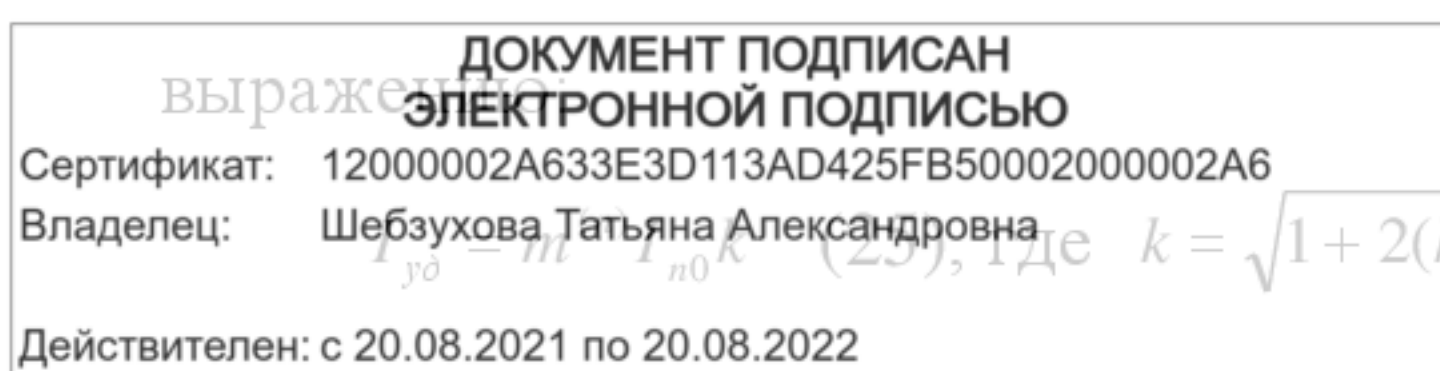
где $T_{a,эк}$ - эквивалентная постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.

Если точка КЗ делит схему на радиальные, не зависящие друг от друга ветви, то при приближенных расчетах ударный ток КЗ следует определять как сумму ударных токов отдельных ветвей:

$$i_{y\partial} = \sum_{i=1,n} \sqrt{2} I_{n0,i} (1 + e^{-\frac{0.01}{T_{ai}}}) m^{(n)} \quad (24)$$

где $I_{n0,i}$ - начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ в i -й ветви

Действующее значение ударного тока можно определить по



где $k = \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2}$

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Темы, выносимые на самостоятельное изучение по курсу

№ п/п	Наименование темы
1	Симметричные составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей. Основные положения и формулы. Суть применения метода симметричных составляющих для расчета переходных режимов.
2	Однократная поперечная несимметрия. Двухфазное КЗ. Однофазное КЗ. Двухфазное КЗ на землю. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Практический расчет тока при несимметричных КЗ. Сравнение видов КЗ по величине тока. Применение практических методов к расчету несимметричных КЗ. Определение фазных величин токов и напряжений в любой точке сети.
3	Основные понятия и определения: режим ЭЭС, параметры режима и параметры системы. Требования, предъявляемые к установившимся и переходным режимам. Понятие устойчивости электрической системы.
4	Уравнения электромеханических процессов в синхронных генераторах. Уравнения электромеханических процессов в синхронных и асинхронных двигателях. Моменты сопротивления приводов.

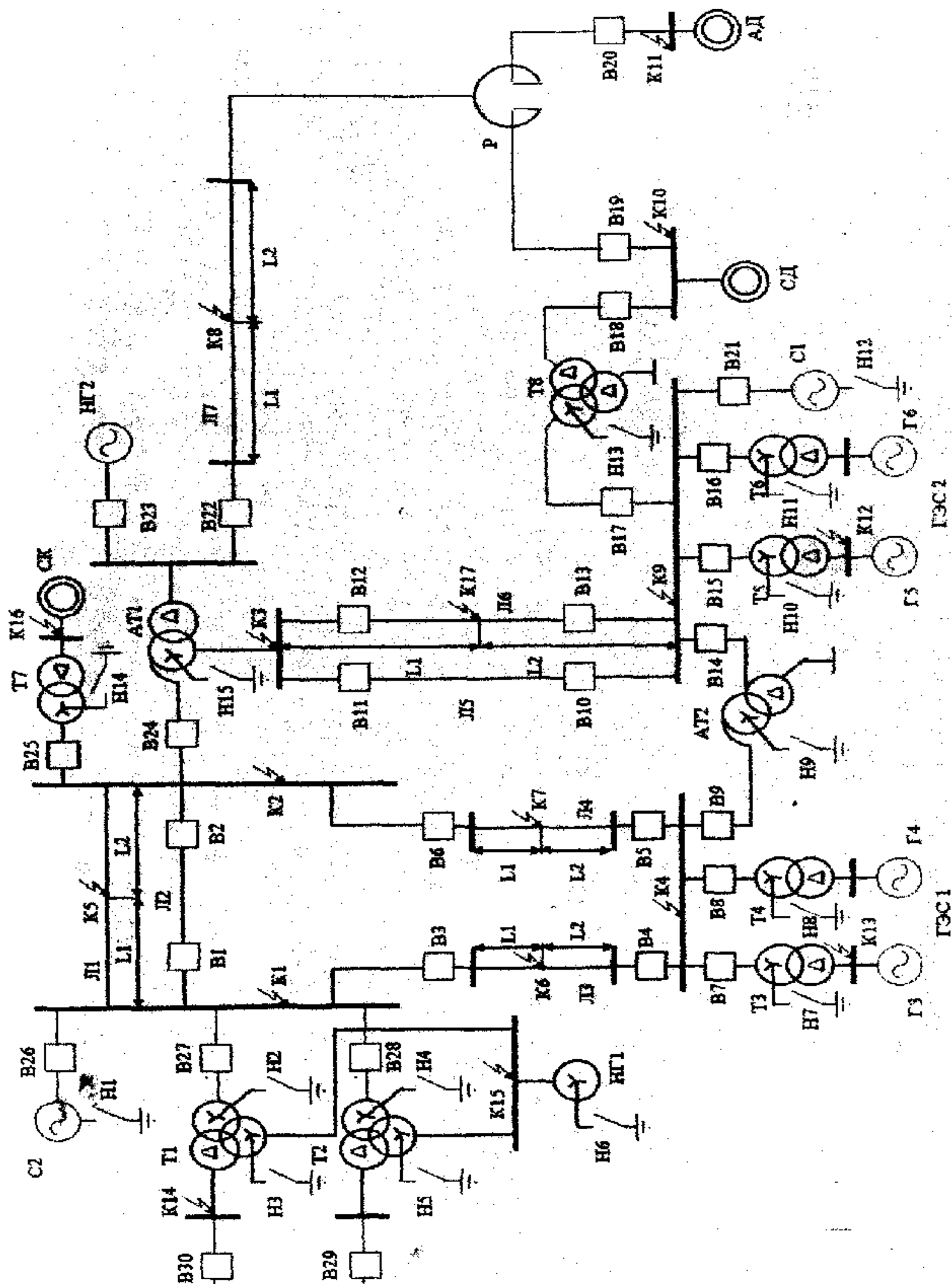
**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Варианты коммутации	Выключатели В, находящиеся во включенном состоянии	Номер КЗ для раздела 1 задания	Сечение	Вид КЗ для разделов 2,4 задания	Номер КЗ для раздела 3 задания	Номер КЗ для разделов 2,4 задания	Номера замкнутых нейтралей
1	1-8; 10-13; 21; 23; 24; 27-30	K5	K13	1/2	K17	K5	4; 7; 12; 15
2	1-9; 14-18; 25; 26	K9	K10	1.1/1	K13	K1	1;7; 9; 10;13;14
3	1-8; 10-13; 16;21; 23; 24; 27;30	K14	K13	1.1/1	K9	K5	2; 7; 11; 12; 15
4	3-14; 17-23	K17	K8	1/2	K10	K7	6-9; 13; 15
5	1; 2; 8-16; 23-27	K3	K12	1/1.1	K4	K5	1;2;8-10;14;15
6	3; 4; 7-15; 21; 23; 24; 27; 30	K15	K12	1/1.1	K13	K1	2;3;6;7;9;15
7	1; 2; 10-20; 22-26	K2	K12	1.1/2	K17	K5	1;10;13-15
8	1; 2; 5; 6; 8-14; 17; 18; 21; 23; 24; 27-30	K5	K15	1/2	K17	K3	2; 3; 6; 8; 9; 12; 13; 15
9	3-9; 12-14; 16-20; 23; 24; 26	K10	K13	1.1/1	K6	K9	1; 7; 9;11;13;15
10	7-14; 17-22; 24-26	K11	K13	1.1/1	K8	K17	8; 9; 12-15
11	1-6; 9-18; 20; 22; 24; 26	K8	K12	1.1/2	K8	K1	1; 9; 13; 15
12	1; 2; 8-14; 17-20; 22; 24; 27-30	K4	K10	1.1/1	K14	K2	2; 3; 6; 8; 9; 15
13	7-20; 24-26	K13	K16	1.1/1	K5	K9	1; 7-9; 11;13-15
14	3-6; 9; 12-15;17-19;22-24;27-30	K14	K12	1.1/1	K8	K4	2-6; 10; 13; 15
15	1-14; 19;20; 22-24; 26	K4	K8	1/2	K10	K5	1; 7-9; 15

Наименование	P _н , МВт	cosφ	U _н , кВ	X'' _d , о.е.	X ₂ , о.е.	T _а , с	Предшествующий режим		
							U ₀ , о.е.	I ₀ , о.е	cosφ ₀
Г1, Г2	220	0,85	15,75	0,1906	0,232	0,311	1	0,9	0,82
Г3, Г4	40	0,8	10,5	0,16	0,2	0,142	0,9	0,98	0,8
Г5, Г6	25	0,85	10,5	0,18	0,22	0,187	1	0,96	0,84

Наименование	S _н , МВА	U _{нв} , кВ	U _{нс} , кВ	U _{нн} , кВ	U _{вн-сн} , кВ	U _{вн-нн} , кВ	U _{сн-нн} , кВ
T1, T2	250	230				11	
T3, T4	80	242				10,5	
T5, T6	40	121				11	
T7	125	242				11	
T8 с расщ. обм.	80	115			10,5	30	
AT1	125	230	121	6,3	11	47	26
AT2			121	11	11	45	28

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Наименование	P _н , МВт	cosφ _н	U _н , кВ	X'' _d	X ₂	T _а	Количество	Предшествующий
--------------	----------------------	-------------------	---------------------	------------------	----------------	----------------	------------	----------------

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

				о.е.	о.е.	с		режим		
								U ₀ , о.е.	U ₀ , о.е.	U ₀ , о.е.
АД	3,125	0,9	6	0,88	0,86		5	1	0,97	0,89
СД	1,25	0,86	6	0,88	0,89	0,036	5	1	0,97	0,89
СК	60	0,8	11	0,23	0,26	0,145		1,1	1	0,8
Реактор		U _н , кВ	I _н , кА	X _р , %	K _{св}					
Р		6	23	12	0,5					

Наименование	U _н , кВ	R, Ом/км	X ₁ , Ом/км	L, км
Л1, Л2	230			200
Л3	230			50
Л4	230			100
Л5, Л6	110			80
Л7	6	0,129	0,07	2,6

Наименование	S _{кз} , МВА	S _н , МВА	U _н , кВ	E ₀ , о.е.	X ₁ , о.е.	X ₂ , о.е.	X ₀ , о.е.
С1	1500			1	0,85	0,87	2,5X ₁
С2	8000			1,15	0,95	0,97	2,6X ₁
НГ1		200	110	0,85	0,35	0,45	0,07
НГ2		10	6	0,85	0,35	0,45	0,45

План-график выполнения задания.

Работа над расчетно-графической работой может быть представлена в виде выполнения следующих этапов:

№ п/п	Наименование этапа	Сроки выполнения
1.	Получение задания	На первом практическом занятии
2.	Первичная консультация с преподавателем	На первом практическом занятии
3.	Работа с информационными источниками	В течении семестра
4.	Написание контрольной работы	В течении семестра
5.	Предоставление контрольной работы на кафедру	В течении семестра
6.	Собеседование	На последнем практическом занятии

Критерии оценивания работы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В ходе выполнения качества выполняемых РГР преподаватель руководствуется следующими критериями оценивания письменных работ студентов.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если

- своевременно выполнил работу; использовал актуальную основную и дополнительную литературу, нормативные акты;
- представил обоснование выбранной методики расчета; выбрал верную последовательность выполнения работы;
- произвел точные расчеты; предоставил обоснованные выводы по работе.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если

- своевременно выполнил работу; использовал достаточно актуальную основную и дополнительную литературу, нормативные акты; представил верную методику расчета;
- выбрал верную последовательность выполнения работы; произвел точные расчеты; предоставил выводы по работе.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если

- выполнил работу не вовремя; использовал неактуальную основную и дополнительную литературу, нормативные акты;
- представил верную методику расчета;
- выбрал верную последовательность выполнения работы; произвел неточные расчеты;
- не предоставил обоснованные выводы по работе.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если

- несвоевременно выполнил работу;
- использовал неактуальную основную и дополнительную литературу, нормативные акты;
- выбрал неверную последовательность выполнения работы;
- произвел неточные расчеты со значительными ошибками;
- не предоставил обоснованные выводы по работе.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок защиты работы.

Написанная студентом расчетно-графическая работа сдается на кафедру. Студент защищает расчетно-графическую работу до экзамена (зачета) перед преподавателем.

Работа не допускается к защите, если она не носит самостоятельного характера, основные вопросы не раскрыты, изложены схематично, фрагментарно, в тексте и расчетах содержатся ошибки, работа не оформлена согласно общим требованиям.

В ходе защиты расчетно-графической работы задача студента — показать углубленное понимание вопросов конкретной темы, хорошее владение материалом по теме.

Защита расчетно-графической работы проходит в форме индивидуальной беседы студента с преподавателем по основным положениям работы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Перечень основной литературы:

1. Пилипенко, В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие/ В.Т. Пилипенко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 124 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=330565

10.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Кувшинов А.А. Теория электропривода. Часть 3: Переходные процессы в электроприводе: учебное пособие/ А.А. Кувшинов, Э.Л. Греков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 114 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=481766

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации самостоятельной работы
по дисциплине
«Переходные процессы в электроэнергетических системах»
направления подготовки
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины
 - 2 План-график выполнения самостоятельной работы
 - 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
 - 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
 - 5 Список рекомендуемой литературы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;
- выполнение расчетно-графической работы.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения расчетно-графической работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании ргр.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6 Владелец: Шебухова Татьяна Александровна Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	Код, формулировка компетенции Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
--	--	--

ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Знает физику электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и их основных элементах Умеет анализировать результаты расчета электромагнитных переходных процессов для применения в реальных электроэнергетических системах и системах электроснабжения Владеет навыками расчета типовых переходных процессов
--	---	---

**План-график выполнения самостоятельной работы
Технологическая карта самостоятельной работы студента**

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки*	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
6 семестр						
ПК-2 ИД-2 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по разделам	Конспект	Собеседование	26,595	2,955	29,55
	Подготовка к практическим занятиям	Конспект	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчет	Собеседование	3,65	0,4	4,05
	Подготовка к лекциям	Конспект	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Выполнение самостоятельного расчета	Отчет по РГР	Защита	13,5	1,5	15
Итого за 6 семестр				48,6	5,4	54

Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

При проведении текущего контроля рейтинговая оценка знаний студента оценивается следующим образом:

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
6 семестр			
1.	ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	6 неделя	25
2.	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6	10 неделя	15
3.	Шебзухова Татьяна Александровна	16 неделя	15
Итого за 6 семестр			55
Итого			55

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставаемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятия, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конференции.

— тезисы — краткие формулировки основных положений, основных положений книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном чтении и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические указания по подготовке к расчетно-графической работе

Расчетно-графическая работа – это самостоятельная письменная работа студента, которая должна показать не только его владение теоретическим материалом, но и продемонстрировать практические умения проводить расчеты.

Цели выполнения РГР заключаются:

- закрепить и систематизировать теоретические знания и практические навыки студента;
- научить работать с литературой – изучать, анализировать информацию из научных источников;

При выполнении расчетно-графической работы реализуются следующие компетенции:

Код	Формулировка
ПК-2 ИД-	Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов
2ПК-2	Рассчитывает режимы работы системы электроснабжения объекта

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические указания по подготовке к экзамену

Изучение дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом студентов знакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Вопросы к экзамену 6 семестр

1. Основные сведения об электромагнитных переходных процессах.
2. Основные определения.
3. Назначение расчетов и требования к ним. Основные допущения. Понятие о расчетных условиях.
4. Система относительных единиц
5. Составление схем замещения. Преобразование схем замещения.
6. Применение принципа наложения.
7. Мощность короткого замыкания.
8. Действующие значения полных величин и их отдельных слагающих. Приближенное решение.
9. Переходный процесс в простейших трехфазных цепях
10. Начальный момент внезапного нарушения режима.
11. Переходные ЭДС и реактивности синхронной машины.
12. Сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины
13. Характеристики двигателей и нагрузки.
14. Практический расчет начального сверхпереходного и ударного токов.
15. Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Допущения, используемые при исследовании электромагнитного переходного процесса.
16. Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Исходные уравнения.
17. Индуктивности обмоток синхронной машины.
18. Обобщенный вектор 3-х фазной системы.
19. Замена переменных.
20. Преобразование уравнений.
21. Выражения в операторной форме.
22. Внезапное короткое замыкание синхронной машины без демпферных обмоток.
23. Влияние и приближенный учет демпферных обмоток.
24. Влияние АРВ при внезапном коротком замыкании.
25. Каскадное отключение и повторное отключение короткого замыкания.
26. Взаимное электромагнитное влияние синхронной машины при переходном процессе.
27. Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания.
28. Приближенный учет системы.
29. Расчет для выбора выключателей по отключающей способности.
30. Метод расчетных кривых.
31. Метод спрямленных характеристик.
32. Несимметричные короткие замыкания
33. Применяемость метода симметричных составляющих к исследованию переходного процесса.
34. Параметры элементов для токов обратной и нулевой последовательностей.
35. Синхронные машины. Асинхронные двигатели.
36. Обмотки трансформаторов. Воздушные линии.
37. Токи короткого замыкания в одной фазе.
38. Разрыв 2-х фаз.
39. Несимметрия от включения сопротивлений.
40. Токи короткого замыкания в прямой последовательности.

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: 38 Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен с 20.08.2021 по 20.08.2022

41. Комплексные схемы замещения. Схемы отдельных последовательностей.
42. Распределение напряжений. Применение принципа наложения.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Пилипенко, В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие/ В.Т. Пилипенко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 124 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=330565

Перечень дополнительной литературы:

1. Кувшинов А.А. Теория электропривода. Часть 3: Переходные процессы в электроприводе: учебное пособие/ А.А. Кувшинов, Э.Л. Греков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 114 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=481766

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".
2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".
3. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".
4. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
3. <http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Специальное программное обеспечение не требуется.

Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированная учебная мебель и технические средства обучения, служащие для представления учебной информации: набор для демонстрационного оборудования, учебно-наглядные пособия.

Лабораторный стенд «Интеллектуальные электрические сети» ИЭС2.

Информационные справочные системы:

1. <http://docs.cntd.ru/> Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации ТЕХЭКСПЕРТ
2. Профессиональные справочные системы Техэксперт <http://vuz.kodeks.ru/>

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению самостоятельных работ
по дисциплине

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»
направления подготовки

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Пятигорск
2022

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины
 - 2 План-график выполнения самостоятельной работы
 - 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
 - 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
 - 5 Список рекомендуемой литературы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;
- выполнение расчетно-графической работы.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения расчетно-графической работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании ргр.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6 Владелец: Шебухова Татьяна Александровна Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	Код, формулировка компетенции Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
--	--	--

ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Знает физику электромагнитных переходных процессов в электроэнергетических системах и их основных элементах Умеет анализировать результаты расчета электромагнитных переходных процессов для применения в реальных электроэнергетических системах и системах электроснабжения Владеет навыками расчета типовых переходных процессов
--	---	---

**План-график выполнения самостоятельной работы
Технологическая карта самостоятельной работы студента**

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки*	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
6 семестр						
ПК-2 ИД-2 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по разделам	Конспект	Собеседование	26,595	2,955	29,55
	Подготовка к практическим занятиям	Конспект	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчет	Собеседование	3,65	0,4	4,05
	Подготовка к лекциям	Конспект	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Выполнение самостоятельного расчета	Отчет по РГР	Защита	13,5	1,5	15
Итого за 6 семестр				48,6	5,4	54

Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

При проведении текущего контроля рейтинговая оценка знаний студента оценивается следующим образом:

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
6 семестр			
4.	Промежуточное занятие № 4	6 неделя	25
5.	Промежуточное занятие № 5	10 неделя	15
6.	Промежуточное занятие № 6	16 неделя	15
Итого за 6 семестр			55
Итого			55

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставаемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятия, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конференции.

Конспект — это краткое изложение содержания книги, статьи, лекции, доклада, выступления, фильма, аудиозаписи, видеозаписи, радиопередачи, телепередачи, интернет-ресурса и т.д. Конспект составляется после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном чтении и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические указания по подготовке к расчетно-графической работе

Расчетно-графическая работа – это самостоятельная письменная работа студента, которая должна показать не только его владение теоретическим материалом, но и продемонстрировать практические умения проводить расчеты.

Цели выполнения РГР заключаются:

- закрепить и систематизировать теоретические знания и практические навыки студента;
- научить работать с литературой – изучать, анализировать информацию из научных источников;

При выполнении расчетно-графической работы реализуются следующие компетенции:

Код	Формулировка
ПК-2 ИД-	Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов
2ПК-2	Рассчитывает режимы работы системы электроснабжения объекта

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические указания по подготовке к экзамену

Изучение дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Вопросы к экзамену 6 семестр

43. Основные сведения об электромагнитных переходных процессах.
44. Основные определения.
45. Назначение расчетов и требования к ним. Основные допущения. Понятие о расчетных условиях.
46. Система относительных единиц
47. Составление схем замещения. Преобразование схем замещения.
48. Применение принципа наложения.
49. Мощность короткого замыкания.
50. Действующие значения полных величин и их отдельных слагающих. Приближенное решение.
51. Переходный процесс в простейших трехфазных цепях
52. Начальный момент внезапного нарушения режима.
53. Переходные ЭДС и реактивности синхронной машины.
54. Сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины
55. Характеристики двигателей и нагрузки.
56. Практический расчет начального сверхпереходного и ударного токов.
57. Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Допущения, используемые при исследовании электромагнитного переходного процесса.
58. Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Исходные уравнения.
59. Индуктивности обмоток синхронной машины.
60. Обобщенный вектор 3-х фазной системы.
61. Замена переменных.
62. Преобразование уравнений.
63. Выражения в операторной форме.
64. Внезапное короткое замыкание синхронной машины без демпферных обмоток.
65. Влияние и приближенный учет демпферных обмоток.
66. Влияние АРВ при внезапном коротком замыкании.
67. Каскадное отключение и повторное отключение короткого замыкания.
68. Взаимное электромагнитное влияние синхронной машины при переходном процессе.
69. Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания.
70. Приближенный учет системы.
71. Расчет для выбора выключателей по отключающей способности.
72. Метод расчетных кривых.
73. Метод спрямленных характеристик.
74. Несимметричные короткие замыкания
75. Применяемость метода симметричных составляющих к исследованию переходного процесса.
76. Параметры элементов для токов обратной и нулевой последовательностей.
77. Синхронные машины. Асинхронные двигатели.
78. Обмотки трансформаторов. Воздушные линии.
79. Токи короткого замыкания в одной фазе.
80. Разрыв 2-х фаз.
81. Несимметрия от включения сопротивлений.
82. Токи короткого замыкания в прямой последовательности.

Сертификат:

12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец:

Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен:

с 20.08.2021 по 20.08.2022

83. Комплексные схемы замещения. Схемы отдельных последовательностей.
84. Распределение напряжений. Применение принципа наложения.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Пилипенко, В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие/ В.Т. Пилипенко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 124 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=330565

Перечень дополнительной литературы:

1. Кувшинов А.А. Теория электропривода. Часть 3: Переходные процессы в электроприводе: учебное пособие/ А.А. Кувшинов, Э.Л. Греков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 114 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=481766

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".
2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".
3. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".
4. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине " Переходные процессы в электроэнергетических системах ".

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

4. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
5. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
6. <http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Специальное программное обеспечение не требуется.

Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированная учебная мебель и технические средства обучения, служащие для представления учебной информации: набор для демонстрационного оборудования, учебно-наглядные пособия.

Лабораторный стенд «Интеллектуальные электрические сети» ИЭС2.

Информационные справочные системы:

1. <http://docs.cntd.ru/> Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации ТЕХЭКСПЕРТ
2. Профессиональные справочные системы Техэксперт <http://vuz.kodeks.ru/>

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022