

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 01.06.2024 23:34:30
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

«Нормирование и снижение потерь электроэнергии 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

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование практических работ	
4.	Содержание практических работ	
4.1	Практическая работа №1 Методы расчета составляющих потерь электроэнергии.	
4.2	Практическая работа №2 Метод поэлементных расчетов.	
4.3.	Практическая работа №3 Потери холостого хода в трансформаторе.	
4.4	Практическая работа №4 Потери электроэнергии в батареях конденсаторов.	
4.5	Практическая работа №5 Допустимые погрешности учета электроэнергии по объекту.	
4.6	Практическая работа №6 Анализ потерь электроэнергии.	
4.7	Практическая работа №7 Определение расчетных интервалов потерь электроэнергии.	
4.8	Практическая работа №8 Использование статистических методов среднеквадратичные погрешности.	
4.9	Практическая работа №9 Рекомендуемые программы расчета и анализа потерь электроэнергии.	
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в электроэнергетических системах», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины является получение необходимых знаний в области расчета, анализа и нормирования потерь мощности и электроэнергии и мероприятий по их снижению.

Задачи изучения дисциплины:

- определять величины расчетных нагрузок,
- проектировать систему технического обслуживания и ремонта энергетических объектов;
- рассчитывать параметры режима сети и определением показателей качества электроэнергии в ее расчетных узлах.

2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

3. Наименование практических работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
7 семестр			
1	Практическая работа № 1. Теоретические и практические аспекты энергосбережения и энергетической эффективности. Методы расчета составляющих потерь электроэнергии. Изучить методы расчета составляющих потерь электроэнергии.	3	
2	Практическая работа № 2. Структура потерь мощности и электроэнергии в элементах электроэнергетических систем и систем электроснабжения. Метод поэлементных расчетов. Изучить метод поэлементных расчетов.	3	
3	Практическая работа №3. Методы оценки и анализа потерь, государственная политика энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Потери холостого хода в трансформаторе. Научиться расчёту потерь холостого хода в трансформаторе.	3	
4	Практическая работа №4. Мероприятия по снижению потерь и оценка их экономической эффективности в батареях конденсаторов. Изучить потери электроэнергии в батареях	3	

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

	конденсаторов.		
5	Практическая работа №5. Организационные мероприятия по снижению потерь. Допустимые погрешности учета электроэнергии по объекту. Изучить допустимые погрешности учета электроэнергии по объекту	3	
6	Практическая работа №6. Технические мероприятия по снижению потерь. Анализ потерь электроэнергии	3	
7	Практическая работа №7. Система учета электроэнергии. Определение расчетных интервалов потерь электроэнергии. Изучить предделение расчетных интервалов потерь электроэнергии	3	
8	Практическая работа №8 Основы энергосбережения на энергетических объектах; Основы энергоаудита. Использование статистических методов среднеквадратичные погрешности. Изучить использование статистических методов среднеквадратичные погрешности.	3	
9	Практическая работа №9 Методы снижения потерь электроэнергии при установившемся режиме электроснабжения. Рекомендуемые программы расчета и анализа потерь электроэнергии. Изучить рекомендуемые программы расчета и анализа потерь электроэнергии.	3	
	Итого за 7 семестр:	27	
	Итого:	27	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №1

Методы расчета составляющих потерь электроэнергии

Цель работы: Изучить методы расчета составляющих потерь электроэнергии.

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету потерь.

В зависимости от полноты информации о нагрузках сети и вида расчетов (п. 1.5) для определения нагрузочных потерь рекомендуется использовать следующие методы [3]:

- поэлементных расчетов;
- характерных режимов;
- характерных суток;
- средних нагрузок;
- числа часов максимальных потерь;
- статистические.

2.2. Определение нагрузочных потерь по методу поэлементных расчетов производят по формуле

$$\Delta W_{\text{н}} = 3\Delta t \sum_{i=1}^k R_i \sum_{j=1}^{T/\Delta t} I_{ij}^2, \quad (2.1)$$

где k - число элементов сети;

T - расчетный период, ч;

Δt - интервал времени между последовательными значениями токовых нагрузок элементов, получаемых с помощью устройств телеизмерения, ч;

I_{ij} - токовая нагрузка i -го элемента с сопротивлением R_i в момент времени j .

2.3. Определение нагрузочных потерь по методу характерных режимов производят по формуле

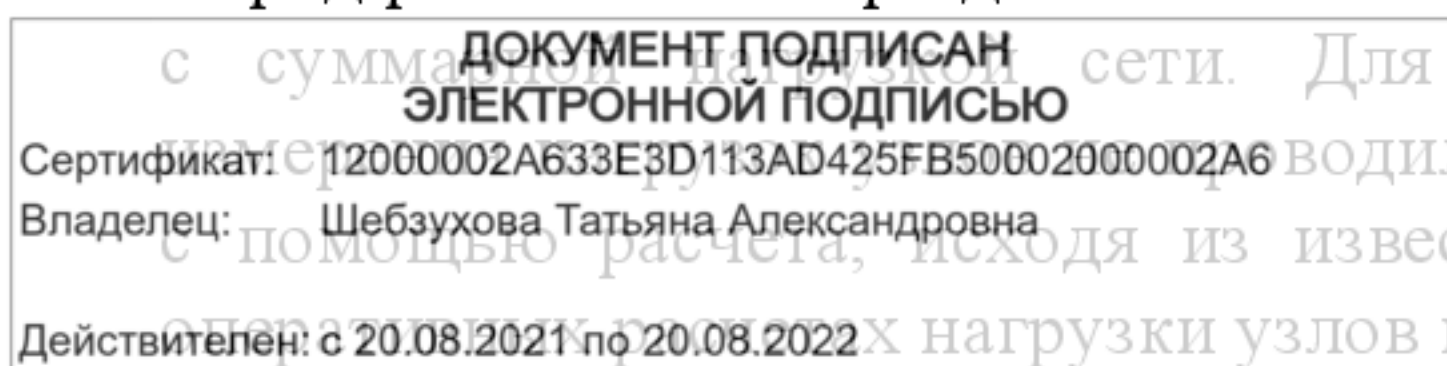
$$\Delta W_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n \Delta P_i t_i, \quad (2.2)$$

где ΔP_i - нагрузочные потери мощности в сети в i -м режиме продолжительностью t_i часов;

n - число режимов.

Нагрузки узлов сети принимаются по данным контрольных измерений. Перед расчетом потерь должна быть проведена балансировка нагрузок узлов

с суммарной нагрузкой сети. Для периодов, в которых контрольные измерения не проводились, нагрузки должны быть получены с помощью расчета, исходя из известной суммарной нагрузки сети. При оперативных расчетах нагрузки узлов получают с помощью телеизмерений.



2.4. Определение нагрузочных потерь по методу характерных суток производят по формуле

$$\Delta W_{\text{н}} = \sum_{i=1}^m \Delta W_{\text{н}i}^c D_{\text{эки}}, \quad (2.3)$$

где m - число характерных периодов работы сети (летний, зимний, паводка и т.д.), расчетные потери за контрольные сутки каждого из которых, рассчитанные по известным графикам нагрузки в узлах сети, составляют $\Delta W_{\text{н}i}^c$;

$D_{\text{эки}}$ - эквивалентное число дней для i -го характерного периода, сут.

Эквивалентное число дней для i -го характерного периода определяют по формуле

$$D_{\text{эки}} = W_i^2 / (W_{\text{си}}^2 D_i), \quad (2.4)$$

где W_i - электроэнергия, отпущенная в сеть в i -м периоде продолжительностью D_i суток;

$W_{\text{си}}$ - электроэнергия, отпущенная в сеть за сутки, расчетные потери электроэнергии за которые составили $\Delta W_{\text{н}i}^c$ или по формуле

$$D_{\text{эки}} = \sum_{j=1}^{k_i} W_j^2 D_j / W_p^2, \quad (2.5)$$

где k_i - число месяцев входящих в i -й характерный период;

W_j - электроэнергия, отпущенная в сеть j -м месяце, число дней в котором составляет D_j ;

W_p - электроэнергия, отпущенная в сеть в месяце, включающем контрольные сутки, или по формуле

$$D_{\text{эки}} = \sum_{j=1}^l D_j A_j / A_1, \quad (2.6)$$

где l - число характерных суточных графиков в i -м характерном периоде;

D_i - число суток в характерном периоде работы сети, на которое распространяется j -й характерный суточный график;

A_j - сумма квадратов ординат j -го характерного суточного графика суммарной нагрузки сети (рабочие, нерабочие сутки);

A_1 - сумма квадратов ординат суточного графика суммарной нагрузки сети, соответствующего суткам, за которые рассчитывались потери $\Delta W_{\text{н}i}^c$.

При использовании формул (2.5), (2.6) расчеты значений $\Delta W_{\text{н}i}^c$ производят

по графикам нагрузки в каждом из узлов, полученных из ведомостей скорректированных по потреблению электроэнергии в узле за месяц $W_{\text{м}}$. Ординаты скорректированного графика активной мощности P определяют по формуле

$$p_k = a_k p, \quad (2.7)$$

где a_k - коэффициент корректировки;

p - ордината исходного графика.

Коэффициент a_k определяют по формулам:

в случае использования (2.5)

$$a_k = W_m / (D_m \sum_{i=1}^n p_i t_i), \quad (2.8)$$

где D_m - число дней в месяце;

p_i - ордината суточного графика, полученного путем измерения;

t_i - продолжительность ступени графика, ч;

в случае использования (2.6)

$$a_k = W_m d_p / (D_p \sum_{i=1}^n p_i t_i), \quad (2.9)$$

где p - доля электроэнергии, потребленной в рабочие дни, отн. ед.;

D_p - число рабочих дней в месяце.

Корректировку графика реактивной мощности осуществляют аналогично.

2.5. Определение нагрузочных потерь методами средних нагрузок и числа часов максимальных потерь τ производят по формулам:

$$\Delta W_H = \Delta P_{H, \text{ср}} K_\Phi^2 T; \quad (2.10)$$

$$\Delta W_H = \Delta P_{H, \text{макс}} \tau, \quad (2.11)$$

где $\Delta P_{H, \text{ср}}$ и $\Delta P_{H, \text{макс}}$ - нагрузочные потери мощности, определенные по средним и максимальным нагрузкам соответственно;

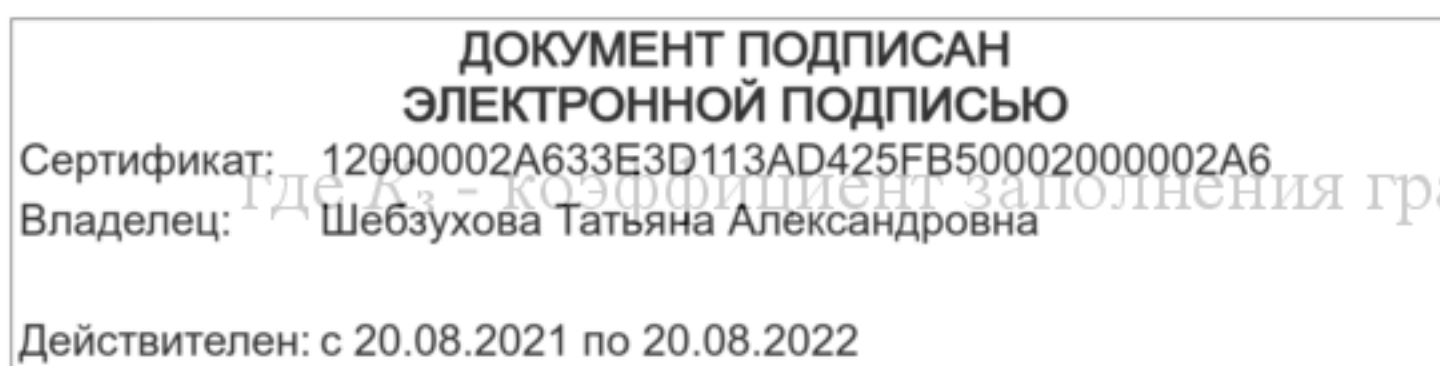
K_Φ - коэффициент формы графика;

T - продолжительность периода, за который определяются потери, ч.

Средние нагрузки узлов определяют по показаниям приборов учета электроэнергии [4]. Значения K_Φ^2 и τ определяют непосредственно по графику суммарной нагрузки сети, фиксируемому в диспетчерской ведомости [5], или по формулам:

$$K_\Phi^2 = \left(\frac{0,124}{K_3} + 0,876 \right)^2 = \left(\frac{1090}{T_{\text{макс}}} + 0,876 \right)^2; \quad (2.12)$$

$$\tau = (0,124 + 0,876 K_3)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \quad (2.13)$$



где K_3 - коэффициент заполнения графика.

где W_p и W_Q - активная, тыс. кВт·ч, и реактивная, тыс. квар·ч, энергия, пропущенная через головной участок сети за время T ;

$U_{эк}$ - эквивалентное напряжение для расчета нагрузочных потерь, кВ;

$I_{макс}$ - максимальная нагрузка головного участка, кА;

κ_k - коэффициент корректировки, принимаемый равным 1,37 при использовании значения тока, полученного путем непосредственного измерения, и равным 1 в остальных случаях.

Эквивалентное напряжение определяют по формуле

$$U_{эк} = \sqrt{KU_1^2 + (1-K)U_2^2}, \quad (2.16)$$

где K - коэффициент, принимаемый равным 0,9 для сетей 6-20 кВ и 0,8 - для сетей 35-150 кВ;

U_1 и U_2 - напряжения на шинах центра питания линии 6-20 кВ в режимах максимальных и минимальных нагрузок соответственно;

Эквивалентное сопротивление линии рассчитывают по формуле

$$R_{эк} = \sum_{i=1}^k h_i^2 R_i / h_r^2, \quad (2.17)$$

где h_i и h_r - величины, пропорциональные (фактически или по предположению) нагрузке i -го элемента сети сопротивлением R_i и головного участка соответственно. В качестве этих величин могут использоваться токи участков, установленные мощности трансформаторов, получающих питание по i -му участку и т.п. При этом сумма h_i для нагрузочных узлов должна быть равна h_r .

При отсутствии данных о коэффициенте формы графика вместо (2.14) используют формулу

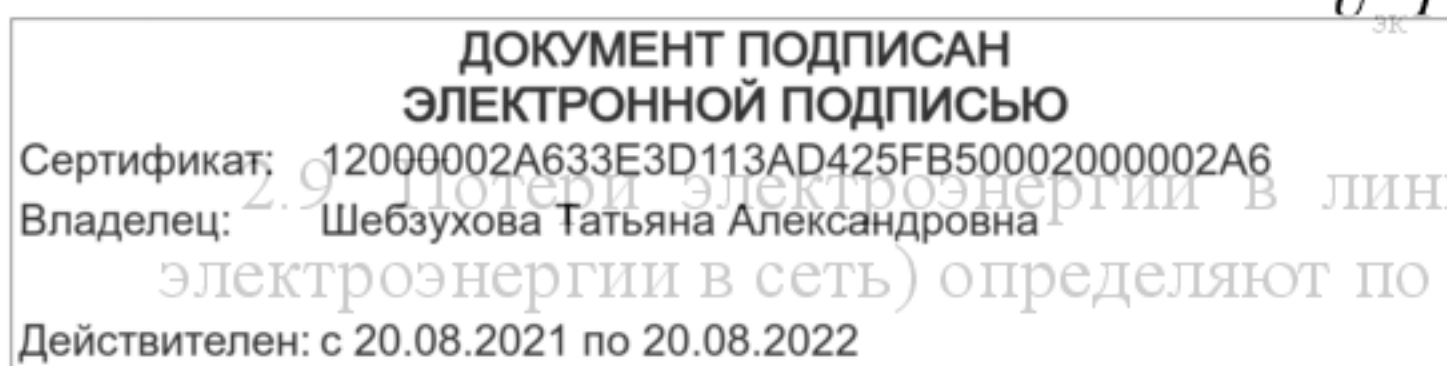
$$\Delta W_H = 1,3 \frac{W_p^2 + W_Q^2}{U_{эк}^2 T} R_{эк}; \quad (2.8)$$

при отсутствии данных о пропуске реактивной энергии - формулу

$$\Delta W_H = 1,25 \frac{W_p^2 + \kappa_\phi^2}{U_{эк}^2 T} R_{эк}; \quad (2.19)$$

при отсутствии данных о k_ϕ и о W_Q - формулу

$$\Delta W_H = 1,63 \frac{W_p^2}{U_{эк}^2 T} R_{эк}. \quad (2.20)$$



2.9. Потери электроэнергии в линии напряжением 0,38 кВ (% отпуска электроэнергии в сеть) определяют по формуле

$$\Delta W_{\text{н}} = 0,7 K_{\text{н\text{ер}}} \Delta U_1 \frac{\tau}{T_{\text{макс}}}, \quad (2.21)$$

где ΔU_1 - потери напряжения в максимум нагрузки сети от шин ТП до наиболее удаленного электроприемника, %;

$K_{\text{н\text{ер}}}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузок по фазам.

Коэффициент $K_{\text{н\text{ер}}}$ определяют по формуле

$$K_{\text{н\text{ер}}} = 3 \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{(I_A + I_B + I_C)^2} \left(1 + 1,5 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} \right) - 1,5 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}}, \quad (2.22)$$

где I_A, I_B, I_C - измеренные токовые нагрузки фаз;

$R_{\text{н}}/R_{\text{ф}}$ - отношение сопротивлений нулевого и фазного проводов [6].

При отсутствии данных о токовых нагрузках следует принимать: для линий с $R_{\text{н}}/R_{\text{ф}} = 1$ $K_{\text{н\text{ер}}} = 1,13$, для линий с $R_{\text{н}}/R_{\text{ф}} = 2$ $K_{\text{н\text{ер}}} = 1,2$.

Отношение $\tau/T_{\text{макс}}$ принимают в соответствии со следующими данными:

$T_{\text{макс}}$,	ч 2000	3000	4000	5000	6000
$\tau/T_{\text{макс}}$	0,46	0,52	0,6	0,72	0,77

Относительные потери электроэнергии, % в K линиях 0,38 кВ определяют по формуле

$$\Delta W_{\% \Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta W_{\%}^i I_i}{\sum_{i=1}^k I_i}, \quad (2.23)$$

где $\Delta W_{\%}^i$ - относительные потери электроэнергии в i -й линии, определенные по формуле (2.21);

I_i - максимальная нагрузка головного участка i -й линии.

Контрольные вопросы:

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

$I_{\text{макс}}$ - максимальная нагрузка головного участка, кА;

K_K - коэффициент корректировки, принимаемый равным 1,37 при использовании значения тока, полученного путем непосредственного измерения, и равным 1 в остальных случаях.

Эквивалентное напряжение определяют по формуле

$$U_{\text{эк}} = \sqrt{KU_1^2 + (1-K)U_2^2}, \quad (2.16)$$

где K - коэффициент, принимаемый равным 0,9 для сетей 6-20 кВ и 0,8 - для сетей 35-150 кВ;

U_1 и U_2 - напряжения на шинах центра питания линии 6-20 кВ в режимах максимальных и минимальных нагрузок соответственно;

Эквивалентное сопротивление линии рассчитывают по формуле

$$R_{\text{эк}} = \sum_{i=1}^k h_i^2 R_i / h_{\Gamma}^2, \quad (2.17)$$

где h_i и h_{Γ} - величины, пропорциональные (фактически или по предположению) нагрузке i -го элемента сети сопротивлением R_i и головного участка соответственно. В качестве этих величин могут использоваться токи участков, установленные мощности трансформаторов, получающих питание по i -му участку и т.п. При этом сумма h_i для нагрузочных узлов должна быть равна h_{Γ} .

При отсутствии данных о коэффициенте формы графика вместо (2.14) используют формулу

$$\Delta W_{\text{н}} = 1,3 \frac{W_p^2 + W_Q^2}{U_{\text{эк}}^2 T} R_{\text{эк}};$$

Контрольные вопросы:

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

Практическая работа №3

Потери холостого хода в трансформаторе

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

расчёту потерь холостого хода в

трансформаторе.

темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету потерь трансформатора

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 $4356 / 6600 = 0,66$ номинального.

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

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

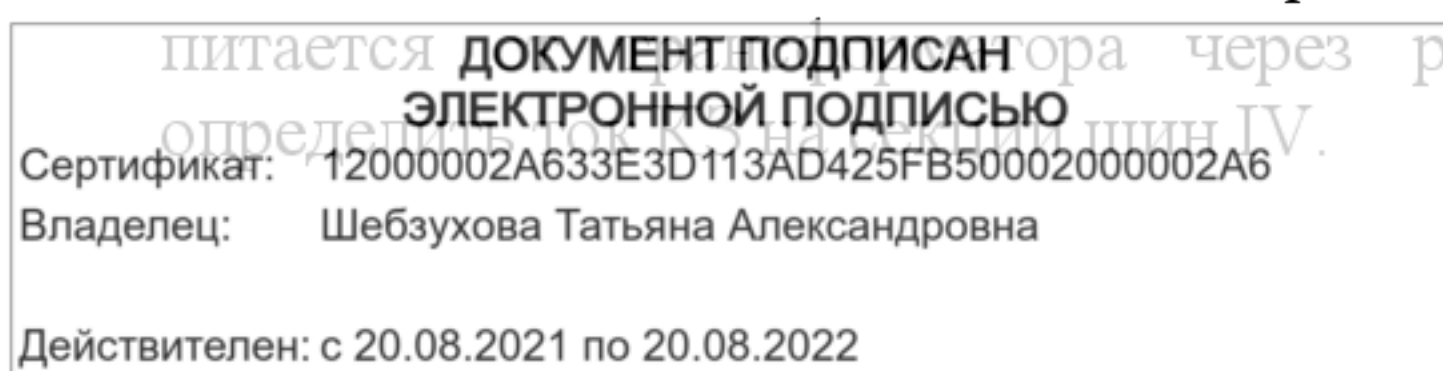
Следует отметить, что такое напряжение не обеспечивает надежной работы магнитных пускателей: обычно их напряжение отпадания колеблется в пределах 0,65...0,75 номинального и в данном случае могут иметь место неправильные отключения электродвигателей.

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



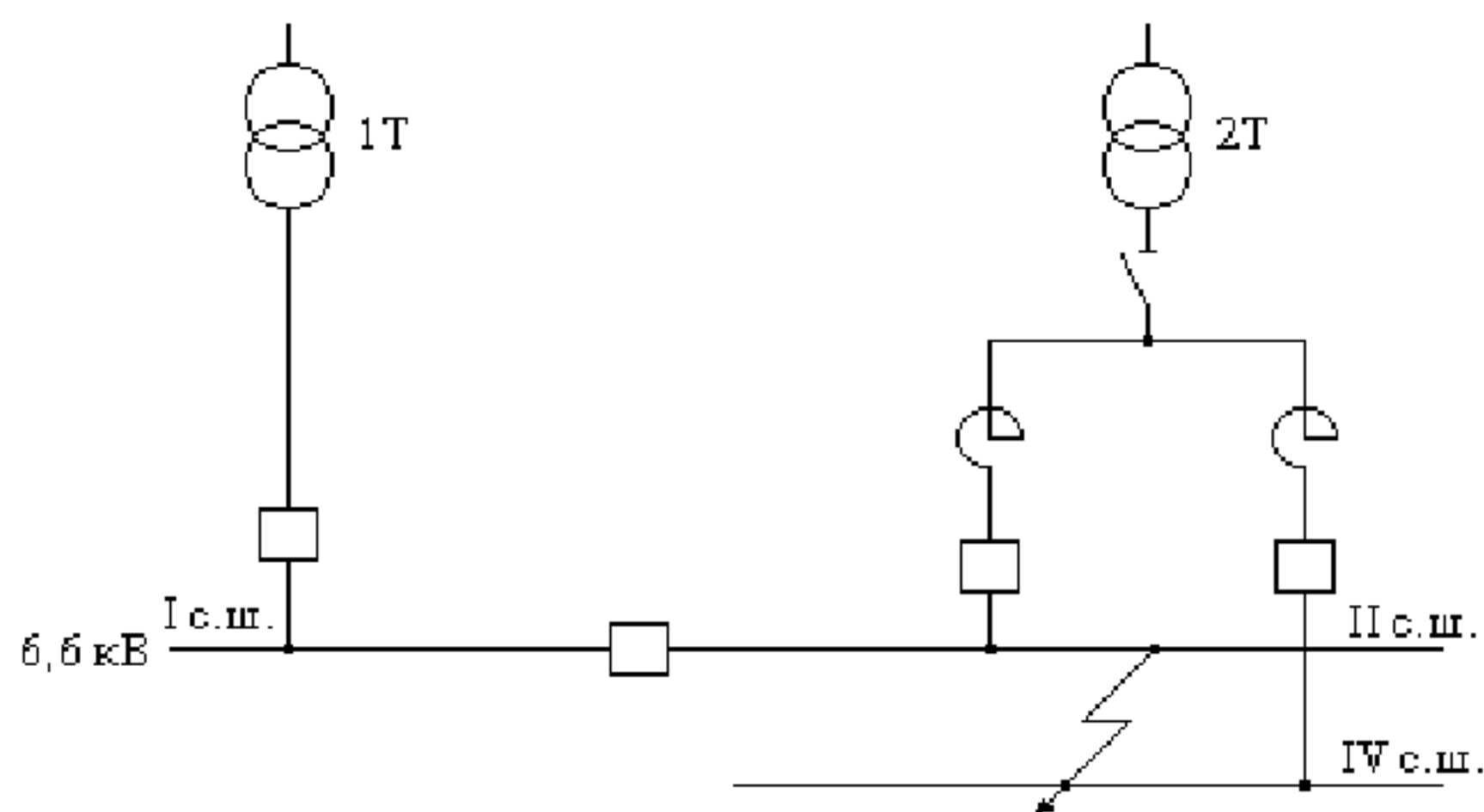


Схема подстанции

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

Потери электроэнергии в батареях конденсаторов

Цель работы: Изучить потери электроэнергии в батареях конденсаторов.

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету потерь в конденсаторах

Ток КЗ на шинах питающей подстанции равен 10 кА при напряжении

6,6 кВ. Расчет потерь энергии при спадающем токе через 1, 2, 3 с для медного кабеля

Определим активное сопротивление кабеля при температуре 65 °С. По Приложению 7 активное сопротивление 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.

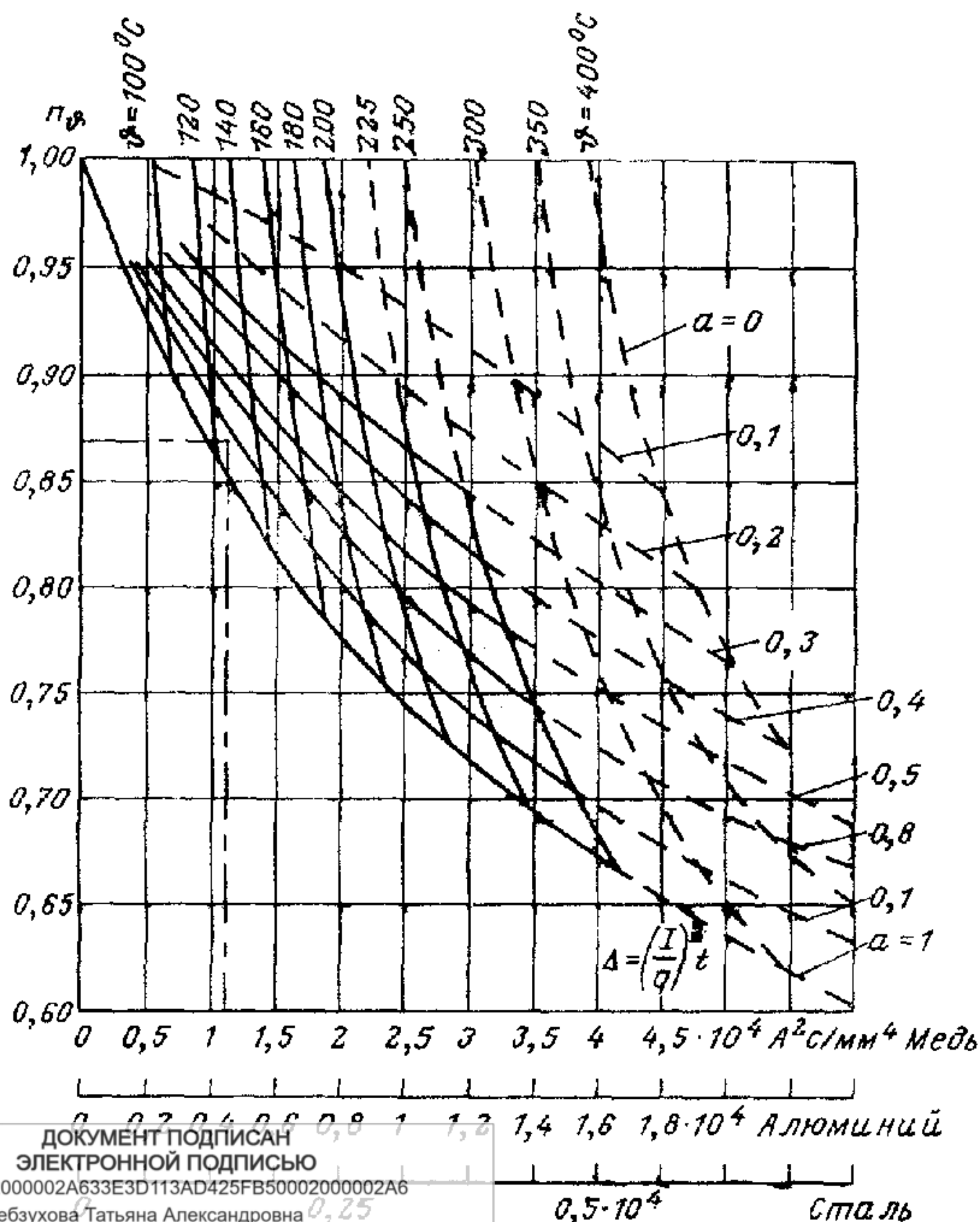
Ток трехфазного КЗ в конце кабеля в первый момент

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

Расчет для времени $t = 1$ с:

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

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



Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Диаграмма для определения снижения тока КЗ от нагрева проводов

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.

Допустимые погрешности учета электроэнергии по объекту.

Цель работы: Изучить допустимые погрешности учета электроэнергии по объекту.

Актуальность темы:

Заключается в необходимости приобретения навыков по расчету погрешности измерений

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.

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022
В именованных единицах значений параметров расчетных схем к выбранному базисным условиям с учетом средних коэффициентов трансформации, равных отношению средних номинальных

8. Среднеквадратичную погрешность в потерях холостого хода, определяемых суммированием значений (2.24), рассчитанных для каждого трансформатора (реактора), определяют по формуле

$$\Delta = 2/\sqrt{K}, \quad (1.8)$$

где K - число трансформаторов и реакторов.

9. Среднеквадратичные погрешности в потерях на корону определяют по формуле

$$\Delta = \sqrt{\sum_{i=1}^k \Delta_i^2 d_i^2}, \quad (1.9)$$

где Δ_i - погрешность расчета потерь в i -й линии, принимаемая равной 10% при расчете потерь по [7], 20% - при расчете потерь по данным табл. п. 2.11 и 30% - при расчете потерь по данным табл. 7.7 [8];

d_i - доля потерь на корону в i -й линии в суммарных потерях на корону по K линиям.

10. Среднеквадратичные погрешности в других составляющих потерь принимают равными, %:

в статических конденсаторах - 8;

в синхронных компенсаторах - 10;

в генераторах, переведенных в режим СК, при использовании формул:

(2.29) - 5;

(2.30) - 10.

11. Среднеквадратичные погрешности потерь в измерительных трансформаторах и электросчетчиках определяют по формуле

$$\Delta = 20/\sqrt{K}, \quad (1.10)$$

где K - число элементов каждого типа.

12. Среднеквадратичную погрешность в суммарных потерях электроэнергии в K линиях 0,38 кВ определяют по формуле

$$\Delta = \Delta_{\text{л}}/\sqrt{K}, \quad (1.11)$$

где $\Delta_{\text{л}} = 25$ при определении $K_{\text{нер}}$ по (2.22) и $\Delta_{\text{л}} = 30$ при определении $K_{\text{нер}}$ по данным, приведенным в п. 2.9.

13. Расчетный интервал суммарных потерь по известным интервалам их составляющих определяют по формулам:

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{мин}\Sigma} &= \Delta W_{p\Sigma}(1 - 2\Delta_{\Sigma}); \\ \Delta W_{\text{макс}\Sigma} &= \Delta W_{p\Sigma}(1 + 2\Delta_{\Sigma}), \end{aligned} \quad (1.12)$$

Максимальный объем исходной схемы сети: 230 узлов, 300 ветвей. Продолжительность расчета 24 режимов сети предельного объема на ЕС-1040 - 1 ч.

1.2. Программа ПЛАН-2, разработчик - ВЦ Главтехуправления

На основании предварительного расчета серии режимов с помощью программы определяется зависимость потерь мощности в сети от нагрузок узлов. Зависимость аналитическая с использованием производных от потерь мощности по нагрузкам узлов. Потери мощности в любом другом режиме работы сети определяются по полученной зависимости, минуя расчет рабочего режима [12].

Для расчетов необходимы данные о схеме сети и о нагрузках узлов во всех рассматриваемых режимах.

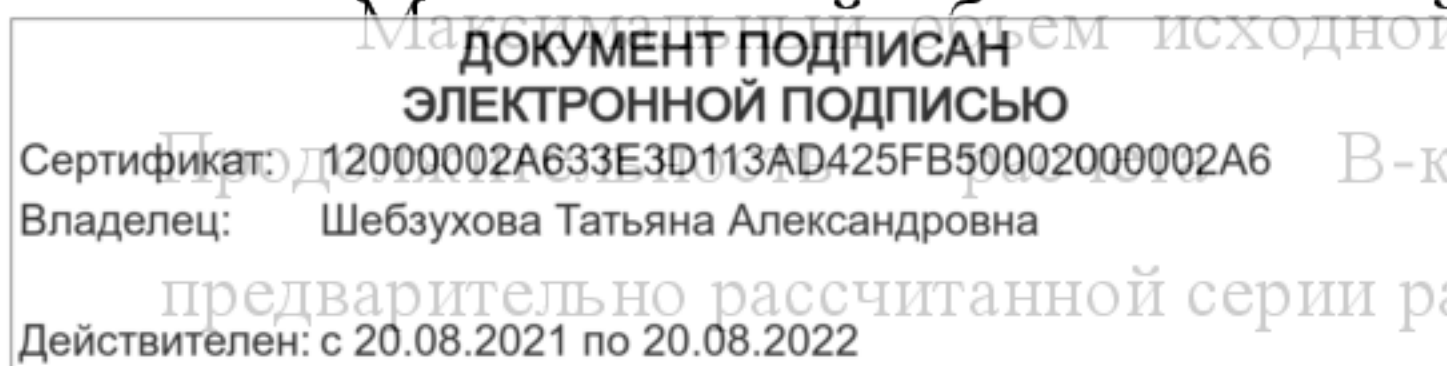
Максимальный объем сети: 600 узлов, 900 ветвей. Продолжительность расчета на ЕС-1033 одного режима сети предельного объема - 1 мин.

1.3. Программа РПБ, разработчик - Уралтехэнерго

На основании предварительного расчета серии рабочих режимов с помощью программы определяется зависимость потерь мощности в сети от нагрузок узлов, оснащенных аппаратурой телеизмерения и имеющих наиболее нестабильный характер (число таких узлов $m \leq 25$). Указанная зависимость использует $3m^2 + m$ коэффициентов, получивших название В-коэффициентов [5].

Потери мощности в любом режиме работы сети определяются с использованием указанной зависимости.

Максимальный объем исходной схемы сети: 700 узлов, 800 ветвей.



В-коэффициентов на ЕС-1022 по предварительно рассчитанной серии рабочих режимов - около 15 мин. Расчет

Потери электроэнергии в сети определяются на основании расчетов трех режимов сети: при средних нагрузках узлов, определяемых по известному потреблению энергии в каждом из узлов, при максимальных и минимальных нагрузках. В результате расчетов для каждой ветви сети определяются три значения потока мощности. Потери электроэнергии в каждой ветви определяются по формуле (2.10). Коэффициент формы графика определяется из отношения полученных значений потоков мощности [5].

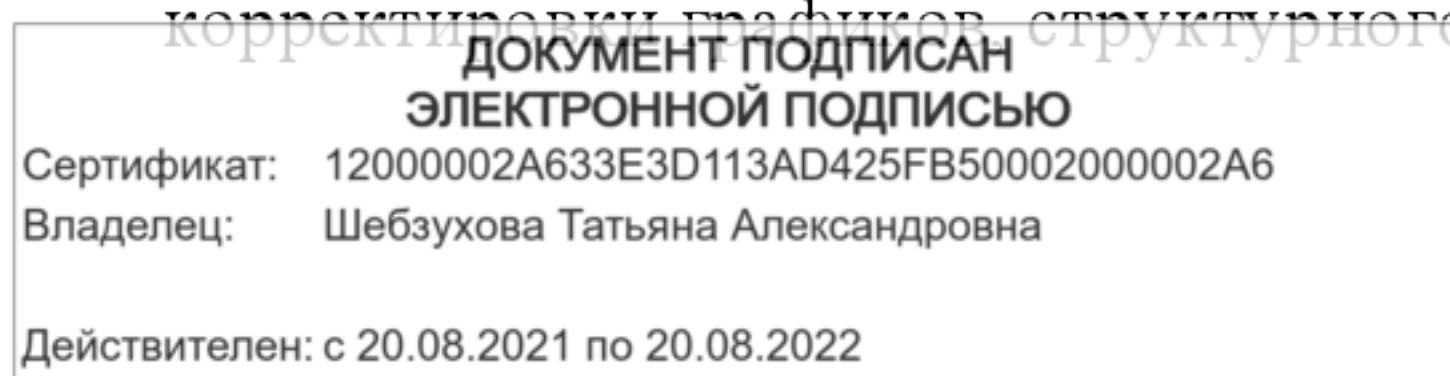
Максимальный объем исходной схемы сети: 600 узлов, 900 ветвей. Продолжительность расчета сети предельного объема на ЕС-1033 - около 10 мин.

2.5. Программа РП, разработчик - Средазтехэнерго

Программа позволяет производить расчет годовых потерь электроэнергии в сети методом, аналогичным методу, реализованному в программе РАП-ОС. Отличием от последней является способ определения эквивалентного числа дней наибольших потерь, которое определяется по формуле (2.4).

2.6. Программа ИДК-1, разработчик - Ставропольский политехнический институт

Алгоритм расчета потерь электроэнергии близок к использованному в программе РПОТ-ПС. В программе использован метод расчета, обладающий повышенной надежностью получения результатов. Предусмотрено автоматическое формирование графиков нагрузки на основе сбалансированных режимов, объединение элементов сети в группы для корректировки графиков, структурного анализа потерь и т.п.



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 контрольной работы

по дисциплине

«Нормирование и снижение потерь электроэнергии 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	Стр.
п/п		
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование контрольных работ	
4.	Список контрольных работ	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Контрольная работа создаёт оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «нормирование и снижение потерь электроэнергии в электроэнергетических системах». Контрольные работы проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью контрольных работ является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины является получение необходимых знаний в области расчета, анализа и нормирования потерь мощности и электроэнергии и мероприятий по их снижению.

Задачи изучения дисциплины:

- определять величины расчетных нагрузок,
- проектировать систему технического обслуживания и ремонта энергетических объектов;
- рассчитывать параметры режима сети и определением показателей качества электроэнергии в ее расчетных узлах.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

11. Как изменятся потери активной мощности при неизменной нагрузке потребителя, если к питающему ее трансформатору подключить параллельно второй трансформатор с такими же параметрами?

. Перечень дополнительной литературы:

1. Рекус Г.Г. Электрооборудование производств. Справочное пособие. – М.: Ди-рект-Медиа, 2014.- 710 с. Режим доступа:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=229238

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

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации для выполнения контрольной работы.
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 организации самостоятельной работы

по дисциплине

«Нормирование и снижение потерь электроэнергии 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 «НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»
- 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.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-3 _{ПК-1} Обосновывает выбор параметров электрооборудования систем электроснабжения, учитывая технические ограничения	Знает основные критерии оценки эффективности энергоснабжения и потребления энергетических ресурсов; методы снижения потерь электроэнергии при установившемся режиме электроснабжения Умеет определять удельные показатели нормирования энергопотребления Владеет навыками проведения энергетических обследований.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр					
ПК-2 ИД-1 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-9	Собеседование	32,31	3,59	35,9
	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к практическим занятиям	Собеседование	4,86	0,54	5,4
	Выполнение контрольной работы	Собеседование	9	1	10
Итого за 7 семестр:			48,6	5,4	54
Итого:			48,6	5,4	54

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
7 семестр			
1.	Практическое занятие № 2	6 неделя	25
2.	Практическое занятие № 5	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 8	16 неделя	15
	Итого за 7 семестр		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль 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, выставляемый 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

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы:

1. Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения: учебник/ Гужов Н. П. , Ольховский В. Я. , Павлюченко Д. А. Новосибирск: НГТУ, 2015. – 262 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=438343

Перечень дополнительной литературы:

1. Рекус Г.Г. Электрооборудование производств. Справочное пособие. – М.: Ди-рект-Медиа, 2014.- 710 с. Режим доступа:
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=229238

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022