

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 17:29:16
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
8 семестр			
1	Практическая работа № 1. Теоретические и практические аспекты энергосбережения и энергетической эффективности. Методы расчета составляющих потерь электроэнергии. Изучить методы расчета составляющих потерь электроэнергии.	1.5	
2	Практическая работа № 2. Структура потерь мощности и электроэнергии в элементах электроэнергетических систем и систем электроснабжения. Метод поэлементных расчетов. Изучить метод поэлементных расчетов.	1.5	
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.	1.5	
4	Практическая работа №4. Мероприятия по снижению потерь и оценка их экономической эффективности в конденсаторах. Изучить потери электроэнергии в батареях	—	

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	—	
6	Практическая работа №6. Технические мероприятия по снижению потерь. Анализ потерь электроэнергии	—	
7	Практическая работа №7. Система учета электроэнергии. Определение расчетных интервалов потерь электроэнергии. Изучить предделение расчетных интервалов потерь электроэнергии	—	
8	Практическая работа №8 Основы энергосбережения на энергетических объектах; Основы энергоаудита. Использование статистических методов среднеквадратичные погрешности. Изучить использование статистических методов среднеквадратичные погрешности.	—	
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.	—	
	Итого за 8 семестр:	4,5	
	Итого:	4,5	

**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

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

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 $\Delta W_{\text{н}i}^c$;

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

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

$$D_{\text{э}ki} = W_i^2 / (W_{ci}^2 D_i), \quad (2.4)$$

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

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

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

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

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

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:

$$\Delta W_H = \Delta P_{H.cp} K_\Phi^2 T; \quad (2.10)$$

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

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

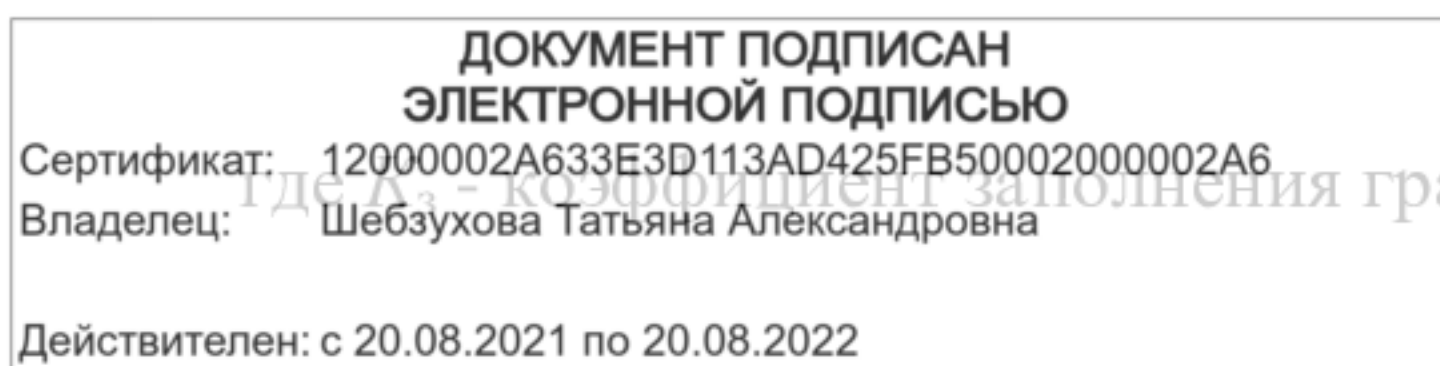
K_Φ - коэффициент формы графика;

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:

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

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



2.6. Определение нагрузочных потерь статистическими методами производят на основании регрессионной зависимости потерь от обобщенных характеристик схем и режимов электрических сетей. Указанные зависимости строятся на основании предварительных расчетов потерь для ограниченного числа схем и режимов сетей (выборки). Определение потерь для других схем и режимов производят по полученной зависимости без электрического расчета сети.

Для сетей различных групп (п. 1.9) рекомендуются следующие методы расчета.

Метод поэлементных расчетов рекомендуется как предпочтительный для отдельных линий и трансформаторов, потери в которых существенно зависят от транзитных перетоков.

Метод характерных режимов рекомендуется для расчета потерь в транзитной сети при наличии телеинформации о нагрузках узлов, периодически передаваемой в ВЦ энергосистемы.

Метод характерных суток рекомендуется как предпочтительный для расчета потерь в замкнутых сетях 110 кВ и выше, не участвующих в обмене мощностью. Допускается применение метода числа часов максимальных потерь.

Метод средних нагрузок рекомендуется как предпочтительный для разомкнутых сетей 6-150 кВ при наличии данных об электроэнергии, пропущенной по головному участку сети за рассматриваемый период. Допускается применение метода числа часов максимальных потерь. Статистические методы рекомендуются как предпочтительные для определения потерь в сетях 0,38 кВ и выявления зависимостей потерь от основных влияющих факторов в сетях всех напряжений.

Для расчета и анализа потерь в разомкнутых сетях 6-20 кВ допускается применение статистических методов определения эквивалентных сопротивлений линий от обобщенных параметров схемы (суммарной длины и числа участков линии, сечения головного участка и т.п.).

2.8. До внедрения программ на ЭВМ расчеты потерь в разомкнутых сетях 6-150 кВ могут производиться вручную. В зависимости от вида имеющейся информации о нагрузке головного участка сети используют метод средних нагрузок, определяя расчетное значение потерь (тыс. кВт·ч) по формуле

$$\Delta W_{\text{н}} = \frac{(W_p^2 + W_Q^2) K_{\Phi}^2}{U_{\text{ЭК}}^2 T} R_{\text{ЭК}}, \quad (2.14)$$

метод числа часов наибольших потерь (тыс. кВт·ч) по формуле

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

$$\Delta W_{\text{н}} = 3 I_{\text{макс}}^2 R_{\text{ЭК}} T K_{\text{К}}, \quad (2.15)$$

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;

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

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

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

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

где h_i и h_T - 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_T .

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

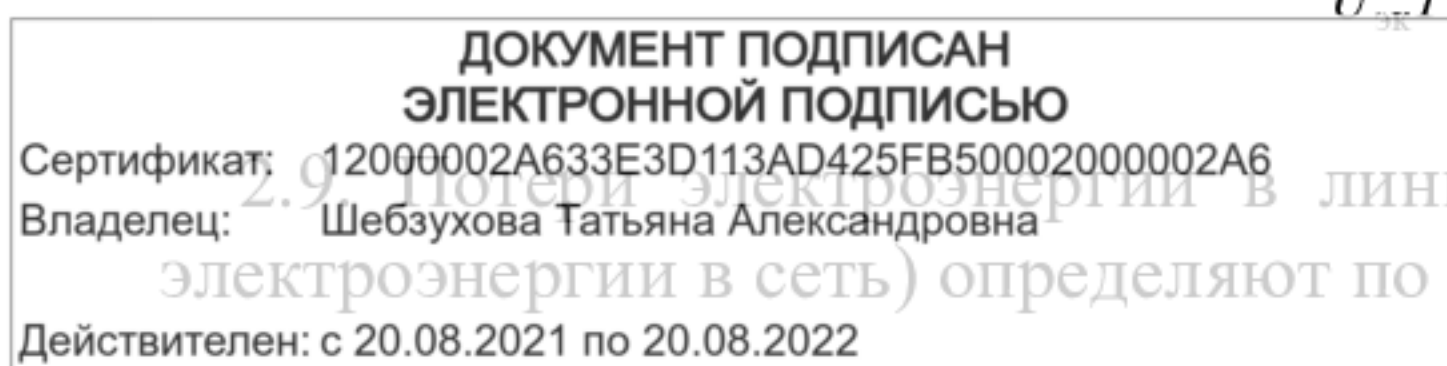
$$\Delta W_H = 1,3 \frac{W_p^2 + W_Q^2}{U_{эк}^2 T} R_{эк}; \quad (2.8)$$

при отсутствии данных о пропуске реактивной энергии - формулу

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

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

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

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

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

Коэффициент $K_{\text{нер}}$ определяют по формуле

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

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 $R_{\text{н}}/R_{\text{ф}} = 1$ $K_{\text{нер}} = 1,13$, для линий с $R_{\text{н}}/R_{\text{ф}} = 2$ $K_{\text{нер}} = 1,2$.

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

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

где h_i и h_T - 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_T .

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

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

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

Цель работы: Научиться расчёту потерь холостого хода в трансформаторе

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Актуальность темы:

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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 питается от шин III через реактор трансформатора 2Т. Требуется

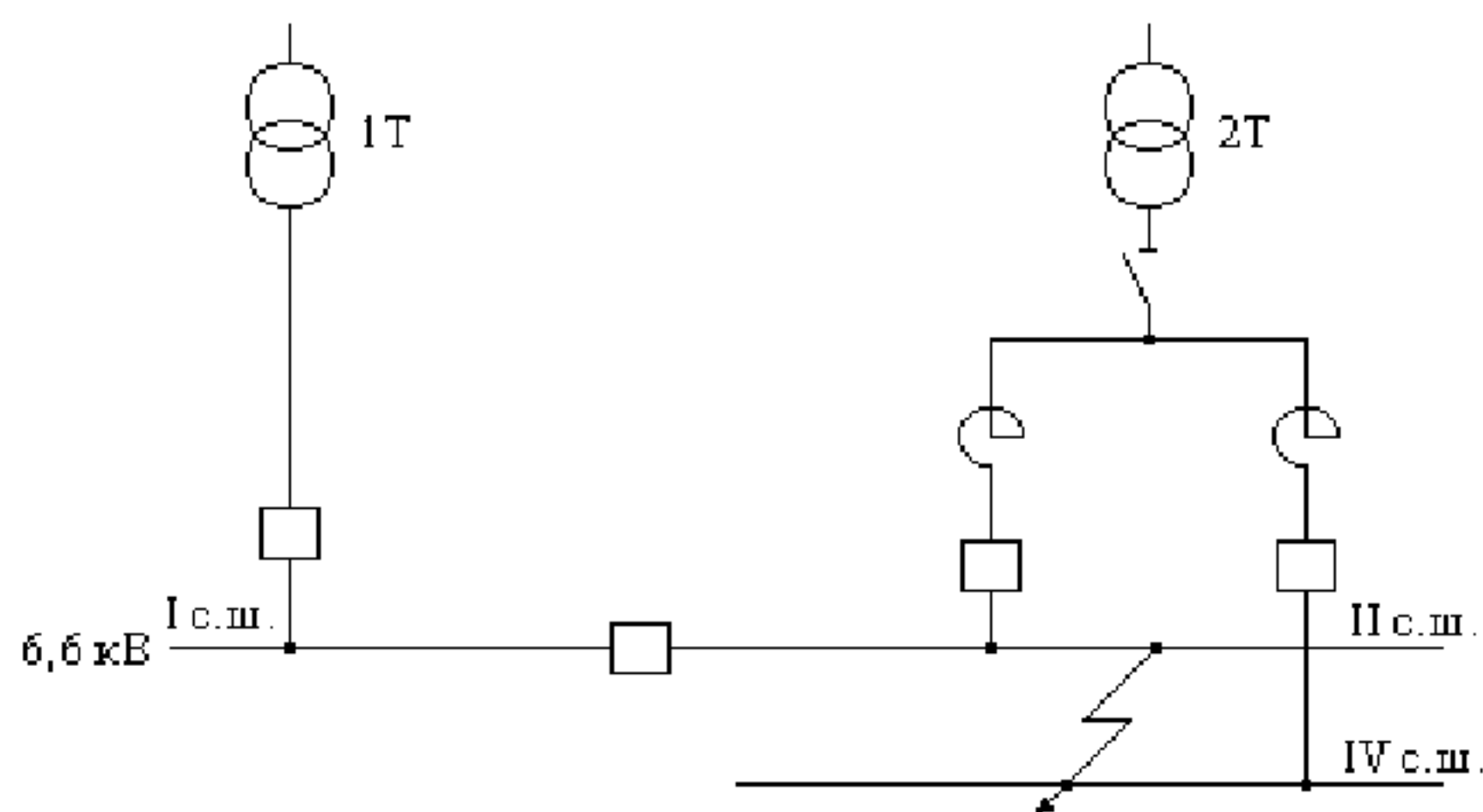


Схема подстанции

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

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. Рассчитать время сгорания тока через 1, 2, 3 с для медного кабеля

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

Решение

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.

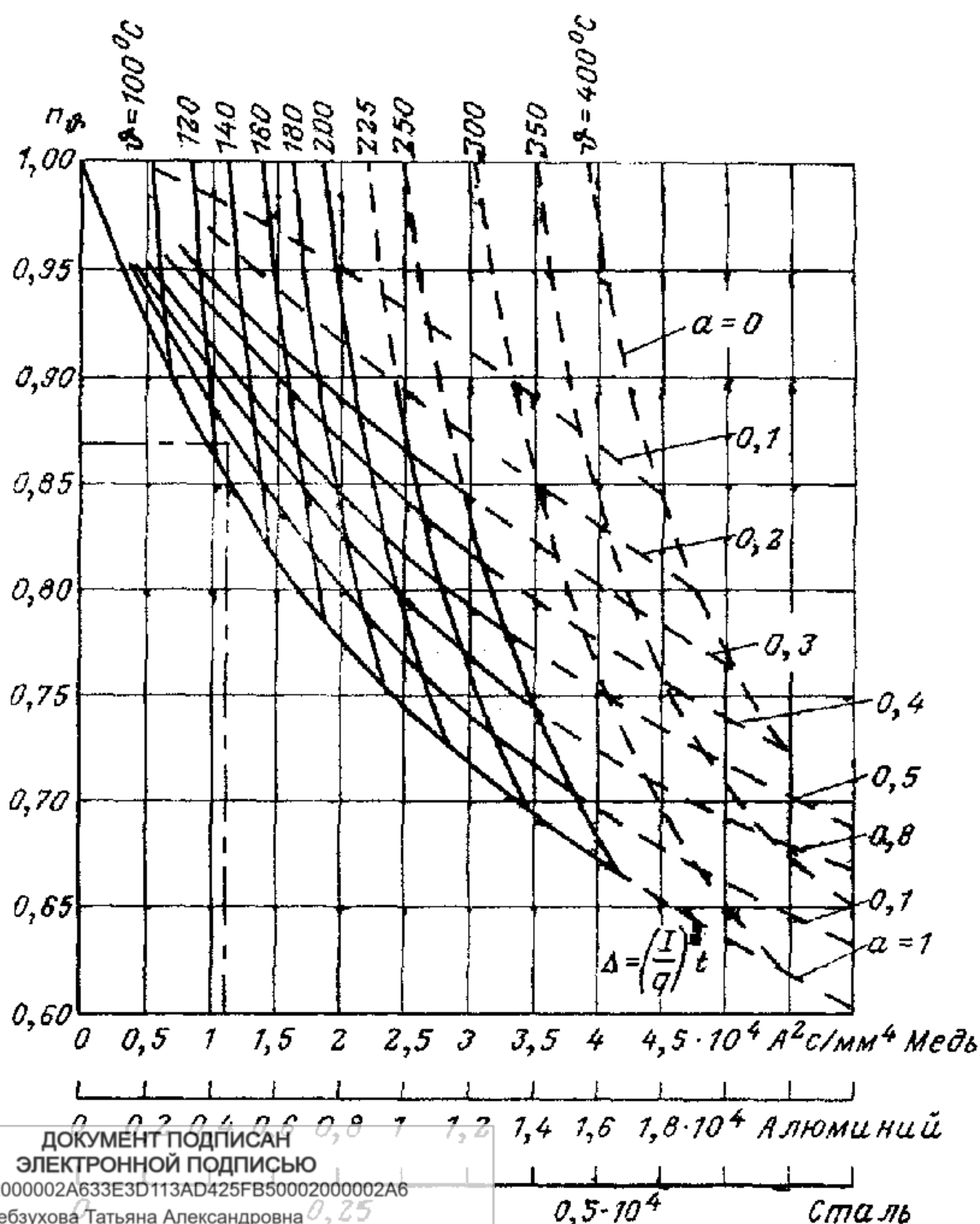
Ток трехфазного КЗ в конце кабеля в первый момент

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

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.

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

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].

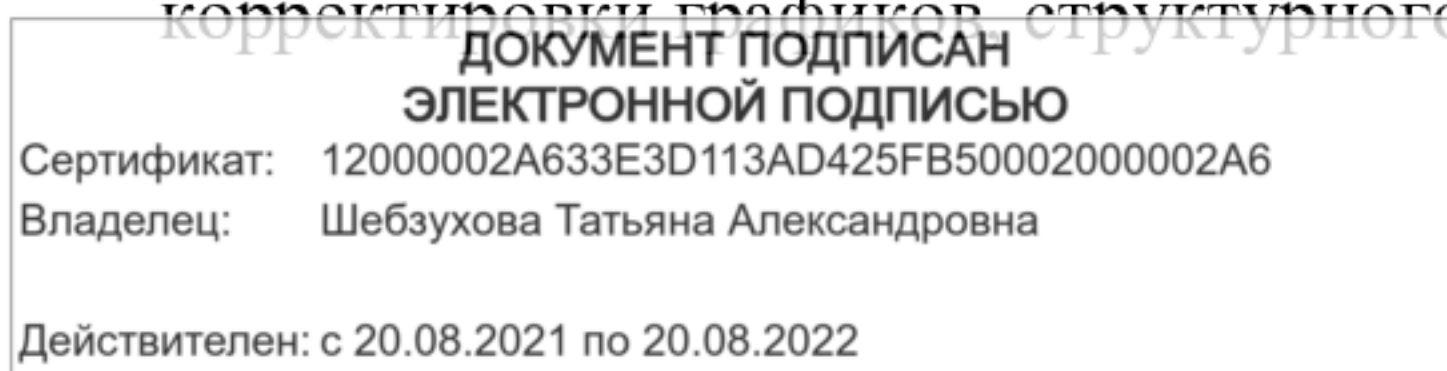
Максимальный объем исходной схемы сети: 600 узлов, 900 ветвей. Продолжительность расчета сети предельного объема на ЕС-1033 - около 10 мин.

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.



3.4. Программа РСА, разработчик - Белорусское отделение Энергосетьпроекта

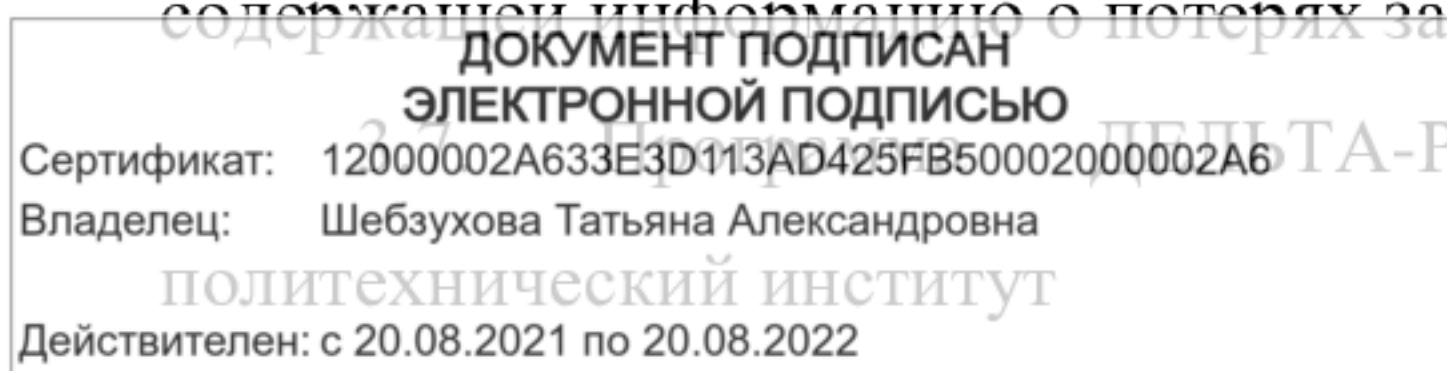
Программа позволяет производить расчет потерь электроэнергии и их составляющих в разомкнутых сетях на основании регрессионных зависимостей без расчета режимов конкретных схем. Требуемая информация: суммарная длина линий, суммарная установленная мощность трансформаторов и число линий по каждому классу напряжения, структура перетоков энергии между подразделениями.

3.5. Программа ПОТЕРИ-ЕС, разработчик - Украинское отделение Сельэнергопроекта

Расчет потерь электроэнергии производится на основании известной схемы сети и ее параметров, а также типовых графиков нагрузки в ее узлах. Используется для расчета потерь электроэнергии и их структуры в сетях сельскохозяйственного назначения. Более подробные сведения приведены в [14].

3.6. Программа ИДК-3, разработчик - Ставропольский политехнический институт

Расчет потерь электроэнергии производится по алгоритму, близкому к алгоритму программы РПОТ-РС. Отличием является возможность построения эквивалентов для группы линий 6-35 кВ РЭС или ПЭС. Сервисные программы обеспечивают вывод результатов в табличной форме, содержащей информацию о потерях за каждый квартал и за год в целом.



3.7. Программа ДЕЛЬТА-РС, разработчик - Белорусский

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»
для студентов 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

№		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 системах электроснабжения». 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

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1. 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

8.1.2. 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 ОБРАЗОВАНИЯ
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 обучающихся
по дисциплине «НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»
для студентов 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

Содержание

Введение

- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В 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-3ПК-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

**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
8 семестр			
1.	Практическое занятие № 2	6 неделя	25
2.	Практическое занятие № 5	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 8	16 неделя	15
	Итого за 8 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

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить 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

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