

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ
по дисциплине
«Энергосбережение в системах электроснабжения»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки: Электроэнергетические системы и сети
Квалификация выпускника бакалавр

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ ЭЭС

	Введение.....	5
1	Практическое занятие №1 Расчет потерь электроэнергии в линиях и двухобмоточных трансформаторах.....	7
2	Практическое занятие №2. Расчет нагрузочных потерь электроэнергии в трехобмоточном трансформаторе.....	11
3	Практическое занятие №3. Расчет потерь электроэнергии автотрансформаторах и других элементах сети.....	15
4	Практическое занятие №4. Подготовка исходных данных о режимных параметрах и параметрах схемы сети	17
5	Практическое занятие №5. Расчет потерь электроэнергии в питающей сети методом оперативных расчетов.....	31
6	Практическое занятие №6. Расчет потерь электроэнергии в сети методом расчетных суток	32
7	Практическое занятие №7 Расчет потерь электроэнергии в сети методом средних нагрузок в питающей сети	34
8	Практическое занятие №8. Расчет нагрузочных потерь электроэнергии методом средних нагрузок в распределительной сети высокого напряжения.....	36
9	Практическое занятие №9. Расчет потерь электроэнергии в сети методом числа часов наибольших потерь мощности.....	42
10	Практическое занятие №10 Расчет погрешностей методов расчета нагрузочных потерь.....	44
11	Практическое занятие №11. Оценка потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети	46
12	Практическое занятие №12. Оценка потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ в зависимости от величины падения напряжения.....	48
13	Практическое занятие №13. Расчет величины фактических потерь электроэнергии в линиях и подстанциях	50

14	Практическое занятие №14. Подготовка данных для расчета потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии	54
15	Практическое занятие №15. Определение потерь электроэнергии холостого хода силовых трансформаторов.....	59
16	Практическое занятие №16. Расчеты условно-постоянных потерь в элементах электрической сети	61
17	Практическое занятие №17. Расчет величины потерь электроэнергии обусловленной погрешностью системы учета электроэнергии	65
18	Практическое занятие №18. Определение потерь норматива потерь технологических электроэнергии на период регулирования	70
	Список рекомендуемой литературы.....	104
	Приложение А	106

Практическое занятие 1

Расчет потерь электроэнергии в линиях и двухобмоточных трансформаторах

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии в линиях и двухобмоточных трансформаторах.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь ЭЭ в элементах сети и получить практические навыки расчета нагрузочных потерь электроэнергии в линиях и двухобмоточных трансформаторах

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты в отдельных линиях, анализировать результаты расчета потерь ЭЭ с целью разработки мероприятий по снижению нагрузочных потерь (компетенция ПК-7).

Теоретическая часть

Нагрузочные потери электроэнергии в каждом элементе электрических сетей могут быть рассчитаны одним из двух методов в зависимости от информационной обеспеченности (методы представлены в порядке понижения точности получаемых результатов расчета):

- 1) оперативных расчетов;
- 2) средних нагрузок.

Нагрузочные потери электроэнергии **методом средних нагрузок** в ВЛ, КЛ, шинопроводе или двухобмоточном трансформаторе за базовый период определяются по формуле [1]:

$$\Delta W_n = k_k \cdot \Delta P_{cp} \cdot T \cdot k_{\phi}^2, \text{ кВт.ч}, \quad (1.1)$$

где ΔP_{cp} – потери мощности в ВЛ, КЛ, шинопроводе или двухобмоточном трансформаторе при средних за базовый период нагрузках, кВт, определяются по формуле (1.4);

k_{ϕ}^2 – квадрат коэффициента формы графика за базовый период, о.е.;

k_k – коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки (принимается равным 0,99), о.е.;

T – число часов в базовом периоде, ч.

Коэффициент формы графика определяется по формуле:

$$k_{\phi}^2 = \frac{1 + 2k_3}{3k_3}, \text{ о.е.}, \quad (1.2)$$

где k_3 – коэффициент заполнения графика определяется по формуле:

$$k_3 = \frac{W_o}{P_{max} T} = \frac{T_{max}}{T} = \frac{P_{cp}}{P_{max}}, \text{ о.е.}, \quad (1.3)$$

где W_o – отпуск электроэнергии в сеть за время T , кВт.ч;

T_{max} – число часов использования наибольшей нагрузки сети.

При отсутствии данных о коэффициенте заполнения графика нагрузки, допускается $k_3 = 0,5$.

Нагрузочные потери мощности при средних за базовый период нагрузках в ВЛ, КЛ, шинопроводе или двухобмоточном трансформаторе определяются по формуле:

$$\Delta P_{cp} = 3 \cdot I_{cp}^2 \cdot R \cdot 10^{-3} = \frac{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2}{U_{cp}^2} \cdot R = \frac{P_{cp}^2 \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)}{U_{cp}^2} \cdot R \cdot 10^3, \text{ кВт}, \quad (1.4)$$

где P_{cp} , Q_{cp} – средние значения активной и реактивной мощности за базовый период T , МВт, Мвар;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, о.е.;

U_{cp} – среднее напряжение элемента за базовый период T , кВ;

I_{cp} – среднее значение токовой нагрузки, А, определяется по формуле (1.19);

R – активное сопротивление ВЛ, КЛ, шинпровода или двухобмоточного трансформатора, Ом.

Средняя нагрузка определяется по формуле:

$$P_{cp} = \frac{W_T}{T}, \text{ кВт};$$

$$I_{cp} = \frac{W_T}{\sqrt{3} \cdot U_{cp} \cdot T \cdot \cos \varphi}, \text{ А},$$
(1.5)

где W_T – электроэнергия в узле за базовый период T , кВт.ч.

Нагрузочные потери электроэнергии в автотрансформаторе (трехобмоточном трансформаторе) за базовый период определяются по формуле:

$$\Delta W_{нАТ(ТР)} = k_k \cdot \Delta P_{cp} \cdot T \cdot k_{\phi}^2, \text{ кВт.ч},$$
(1.6)

где ΔP_{cp} – потери мощности в автотрансформаторе (трехобмоточном трансформаторе) при средних за базовый период нагрузках, кВт, определяются по формуле (1.4).

Вопросы и задания

Задание 1. Рассчитать годовые потери электроэнергии методом средних нагрузок в двухцепной линии, выполненной сталеалюминевыми проводами при условиях, заданных в таблице 1.1.

Рассчитать годовые потери электроэнергии методом средних нагрузок в трансформаторах двухтрансформаторных подстанций, при условия заданных в таблице 1.2.

Таблица 1.1 –Данные по линиям электропередачи

Номер варианта (NB)	Сечение провода, мм ² /число проводов в фазе	Длина линии, км	Токовая нагрузка ЛЭП в долях от длительно допустимого тока	Номинальное напряжение
1	400/51/5	2000+NB	0,5	750
2	400/64/4	2000+NB	0,6	750
3	500/64/2	600+NB	0,7	330
4	500/64/3	1000+NB	0,5	500
5	500/64/4	2000+NB	0,6	750
6	240/32	15+NB	0,7	35
7	240/32/2	600+NB	0,5	330
9	240/56/5	2000+NB	0,6	750
10	300/39/2	600+NB	0,7	330
11	300/48/8	3000+NB	0,5	1150
12	300/66/3	1000+NB	0,6	500
13	300/66/5	2000+NB	0,7	750
14	330/43/3	1000+NB	0,5	500
15	330/43/8	3000+NB	0,6	1150
16	400/51/2	600+NB	0,7	330
17	400/51/3	1000+NB	0,5	500
18	70/11	50+NB	0,6	110
19	95/16	60+NB	0,7	110
20	120/19	70+NB	0,5	110

21	150/24	50+NB	0,6	110
22	185/29	60+NB	0,7	110
23	70/11	10+NB	0,5	35
24	95/16	20+NB	0,6	35
25	120/19	10+NB	0,7	35
26	150/24	20+NB	0,5	35
27	185/29	10+NB	0,6	35
28	240/32	20+NB	0,7	35

Таблица 1.2 – Исходные данные для расчета потерь электроэнергии в трансформаторах

Номер варианта (NB)	Тип трансформатора	Коэффициент загрузки	Время наибольшей нагрузки	Примечание
1-5	ТДН-16000/110	0,6	2000+NB	
6-10	ТРДН-25000/110	0,7	2100+NB	
11-15	ТРДН-40000/110	0,6	2200+NB	
16-20	ТРДЦН-63000/110	0,7	2300+NB	
21-255	ТРДЦН-80000/110	0,6	2400+NB	
26-30	ТРДЦН-125000/110	0,7	2500+NB	
31-35	ТРДН-32000/220	0,6	3200+NB	
36-40	ТРДНС-40000/220	0,7	3300+NB	

Вопросы для практического занятия

Базовый уровень

1. Какими схемами замещения моделируется двухобмоточный трансформатор?
2. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения трансформаторов? В чем суть этих упрощений?
3. Какие методы можно использовать для расчета потерь электроэнергии в отдельных элементах сети?
4. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
5. На основе какой информации можно рассчитать значение коэффициента заполнения графика нагрузки?

5. На основе какой информации можно рассчитать значение коэффициента заполнения графика нагрузки?
6. Как рассчитывается значение коэффициента формы графика нагрузки?

Повышенный уровень

1. Как зависят сопротивления и проводимости трансформаторов от их номинальной мощности?
2. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления трансформатора?
3. Какие трансформации учитываются в схеме замещения трансформаторов?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о расчетах потерь электроэнергии в отдельной линии и двухобмоточном трансформаторе изложены в [1,7].

Практическое занятие 2

Расчет нагрузочных потерь электроэнергии в трехобмоточном трансформаторе

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии в трехобмоточном трансформаторе.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета нагрузочных потерь ЭЭ и потерь холостого хода в трехобмоточных трансформаторах и получить практические навыки выполнения таких расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты в отдельных трансформаторах, анализировать результаты расчета потерь ЭЭ с целью разработки мероприятий по снижению нагрузочных потерь (компетенция ПК-7).

Теоретическая часть

Нагрузочные потери электроэнергии в автотрансформаторе (трехобмоточном трансформаторе) за базовый период определяются по формуле [1]:

$$\Delta W_{н\ TP\ j} = \sum_{j=1}^M 3 \cdot (I_{AT(TP)\ Bj}^2 \cdot R_{AT(TP)\ B} + I_{AT(TP)\ Cj}^2 \cdot R_{AT(TP)\ C} + I_{AT(TP)\ Hj}^2 \cdot R_{AT(TP)\ H}) \cdot \Delta t_j \cdot 10^{-3} =$$
$$\sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{AT(TP)\ Bj}^2 + Q_{AT(TP)\ Bj}^2}{U_{AT(TP)\ Bj}^2} \cdot R_{AT(TP)\ B} + \frac{P_{AT(TP)\ Cj}^2 + Q_{AT(TP)\ Cj}^2}{U_{AT(TP)\ Cj}^2} \cdot R_{AT(TP)\ C} + \right. \\ \left. + \frac{P_{AT(TP)\ Hj}^2 + Q_{AT(TP)\ Hj}^2}{U_{AT(TP)\ Hj}^2} \cdot R_{AT(TP)\ H} \right) \cdot \Delta t_j \cdot 10^3, \text{ кВт.ч,} \quad (1.7)$$

где $P_{AT(TP)\ Bj}$, $P_{AT(TP)\ Cj}$, $P_{AT(TP)\ Hj}$, $Q_{AT(TP)\ Bj}$, $Q_{AT(TP)\ Cj}$, $Q_{AT(TP)\ Hj}$, $I_{AT(TP)\ Bj}$, $I_{AT(TP)\ Cj}$, $I_{AT(TP)\ Hj}$ – значения активной и реактивной мощностей, токовых нагрузок по обмоткам автотрансформатора (трехобмоточного трансформатора), принимаемые на интервале Δt_j неизменными, МВт, Мвар, А, соответственно;

$U_{AT(TP)\ Bj}$, $U_{AT(TP)\ Cj}$, $U_{AT(TP)\ Hj}$ – значения напряжения по высшей, средней и низшей обмоткам автотрансформатора (трехобмоточного трансформатора) на интервале времени Δt_j , кВ;

$R_{AT(TP)\ B}$, $R_{AT(TP)\ C}$, $R_{AT(TP)\ H}$ – активные сопротивления обмоток автотрансформатора (трехобмоточного трансформатора), Ом.

При отсутствии измерений на низкой стороне автотрансформаторов на каждом интервале времени Δt_j расчетного периода T допускается выполнять расчет потерь электроэнергии по данным обмоток высшего и среднего напряжения.

Нагрузочные потери электроэнергии в токоограничивающем реакторе за базовый период определяются по формуле:

$$\Delta W_{н\ TOP} = 3 \cdot \Delta P_{н\ TOP} \cdot \sum_{j=1}^M \left(\frac{I_j}{I_H} \right)^2 \cdot \Delta t_j, \text{ кВт.ч,} \quad (1.8)$$

где $\Delta P_{н\ TOP}$ – значение потерь активной мощности в фазе реактора при его номинальном токе, кВт;

I_H – значение номинального тока, А;

I_j – значение рабочего тока, принимаемого на интервале Δt_j неизменными, А.

Численные значения параметров схемы замещения трехобмоточных

трансформаторов с обмотками одинаковой мощности рассчитываются:

а) активные сопротивления продольных ветвей схемы замещения:

$$r_B = \frac{U_{НОМ}^2}{2S_{НОМ}^2} (\Delta P_{K(B-H)} + \Delta P_{K(B-C)} - \Delta P_{K(C-H)});$$

$$r_C = \frac{U_{НОМ}^2}{2S_{НОМ}^2} (\Delta P_{K(B-C)} + \Delta P_{K(C-H)} - \Delta P_{K(B-H)});$$

$$r_H = \frac{U_{НОМ}^2}{2S_{НОМ}^2} (\Delta P_{K(B-H)} + \Delta P_{K(C-H)} - \Delta P_{K(B-C)});$$

при этом следует помнить, что равным номинальным мощностям обмоток соответствуют одинаковые приведенные активные сопротивления;

б) реактивные сопротивления продольных ветвей схемы замещения:

$$x_B = \frac{U_{НОМ}^2}{200S_{НОМ}} (u_{K(B-H)} \% + u_{K(B-C)} \% - u_{K(C-H)} \%);$$

$$x_C = \frac{U_{НОМ}^2}{200S_{НОМ}} (u_{K(B-C)} \% + u_{K(C-H)} \% - u_{K(B-H)} \%);$$

$$x_H = \frac{U_{НОМ}^2}{200S_{НОМ}} (u_{K(B-H)} \% + u_{K(C-H)} \% - u_{K(B-C)} \%);$$

Численные значения параметров схемы замещения трехобмоточных трансформаторов с обмотками различной номинальной мощности и автотрансформаторов рассчитываются по выражениям для трехобмоточных трансформаторов с обмотками одинаковой номинальной мощности с обязательным приведением паспортных значений $U_{K(i-j)}\%$ и $\Delta P_{K(i-j)}$ для всех пар обмоток к одной мощности (обычно к мощности обмотки ВН). Приведение $U_{K(i-j)}\%$ осуществляется пропорционально отношению номинальных мощностей обмоток и в современных справочниках, как правило, уже выполнено. Приведение $\Delta P_{K(i-j)}$ производится пропорционально отношению квадратов номинальных мощностей обмоток. Для автотрансформаторов приведение $\Delta P_{K(i-j)}$ выполняется с использованием коэффициента выгодности

$$\alpha_{KH} = \frac{S_{min}}{S_{НОМ}} = 1 - \frac{U_{C\text{ НОМ}}}{U_{B\text{ НОМ}}}$$

по выражениям:

$$\Delta P_{K(B-H)} = \frac{\Delta P_{K(B-H)}^H}{\alpha_{HH}^2}; \quad \Delta P_{K(C-H)} = \frac{\Delta P_{K(C-H)}^H}{\alpha_{HH}^2},$$

где $\Delta P_{K(i-j)}^H$ – значения потерь короткого замыкания до приведения к единой мощности.

В некоторых случаях каталожные данные содержат лишь одно из трех значений $\Delta P_{K(i-j)}$. При этом расчет активных сопротивлений схемы замещения выполняется с использованием понятия «сквозное активное сопротивление» (см. трансформаторы с расщепленными обмотками) с последующим его разделением по ветвям схемы замещения в пропорциях, определяемых отношениями номинальных

мощностей обмоток, представленных в таблице 1.3.

Расчет поперечных проводимостей, сопротивлений шунтов или потерь холостого хода аналогичен расчету этих параметров для двухобмоточного трансформатора.

Специальные расчеты, требующие учета влияния устройств регулирования коэффициента трансформации типа РПН (регулирование под нагрузкой) и ПБВ (переключение без возбуждения), в объем работы не входят.

Таблица 1.3 – Соотношение сопротивления для схем замещения трансформаторов

Мощность обмоток трансформатора по отношению к номинальной, %			Активное сопротивление схемы замещения		
S_B	S_C	S_H	r_B	r_C	r_A
100	67	100	$0,5r_{СКВ}$	$0,75r_{СКВ}$	$0,5r_{СКВ}$
100	100	67	$0,5 r_{СКВ}$	$0,5 r_{СКВ}$	$0,75 r_{СКВ}$
100	67	67	$0,55 r_{СКВ}$	$0,82 r_{СКВ}$	$0,82 r_{СКВ}$
100	100	50	$0,5 r_{СКВ}$	$0,5 r_{СКВ}$	$r_{СКВ}$
100	50	50	$0,5 r_{СКВ}$	$r_{СКВ}$	$r_{СКВ}$
100	100	33	$0,5 r_{СКВ}$	$0,5 r_{СКВ}$	$0,5 r_{СКВ}$

Вопросы и задания

Рассчитать годовые потери электроэнергии методом средних нагрузок в трехобмоточных трансформаторах двухтрансформаторных подстанций, при условия заданных в таблице 1.4.

Таблица 1.4– Исходные данные для выполнения практического задания №2

Номер варианта (NB)	Тип трансформатора	Коэффициент загрузки	Время наибольшей нагрузки	S_B , %	S_C , %	S_H , %
1-5	ТМТН-6300/110	0,6	2600+NB	100	67	100
6-10	ТДТН-10000/110	0,7	2700+NB	100	100	67
11-15	ТДТН-16000/110	0,6	2800+NB	100	67	67
16-20	ТДТН-25000/110	0,7	2900+NB	100	100	50
21-25	ТДТН-40000/110	0,6	3000+NB	100	50	50
26-30	ТДТН-63000/110	0,7	3100+NB	100	67	100
31-35	ТДТН-25000/220	0,7	3700+NB	100	100	67
36-40	ТДТН-40000/220	0,6	3800+NB	100	67	67

Вопросы к практическому занятию. Базовый уровень

1. Какими схемами замещения моделируется трехобмоточный трансформатор?
2. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения трансформаторов? В чем суть этих упрощений?
3. Как зависят сопротивления и проводимости трансформаторов от их номинальной мощности?
4. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
5. Как различить в обозначениях двух- и трехобмоточные трансформаторы?
6. Зависит ли активное сопротивление схем замещения обмоток от загрузки обмоток?

Повышенный уровень

1. Каким образом в схеме замещения трехобмоточного трансформатора учитывается магнитная связь обмоток?
2. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления трансформатора?
3. В чем особенность расчета сопротивлений для трехобмоточного трансформатора по сравнению с двухобмоточным?
4. Отличается ли определение проводимостей трехобмоточного трансформатора от двухобмоточного?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о расчетах нагрузочных потерь электроэнергии в трехобмоточном трансформаторе можно получить в [1,4,7].

Практическое занятие 3

Расчет потерь электроэнергии в автотрансформаторах и других элементах сети

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии в автотрансформаторах и токоограничивающих реакторах.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета нагрузочных потерь электроэнергии, потерь холостого хода в автотрансформаторах и получить практические навыки выполнения таких расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты в отдельных автотрансформаторах и токоограничивающих реакторах, анализировать результаты расчета потерь электроэнергии с целью разработки мероприятий по снижению нагрузочных потерь (компетенция ПК-7).

Теоретическая часть

Нагрузочные потери мощности при средних за базовый период нагрузках в автотрансформаторах (трехобмоточных трансформаторах) определяются по формуле [1]:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{н.AT(ТР)}} &= 3 \cdot (I_{\text{CP AT(ТР) В}}^2 \cdot R_{\text{AT(ТР) В}} + I_{\text{CP AT(ТР) С}}^2 \cdot R_{\text{AT(ТР) С}} + I_{\text{CP AT(ТР) Н}}^2 \cdot R_{\text{AT(ТР) Н}}) \cdot 10^{-3} = \\ &= \left(\frac{P_{\text{CP AT(ТР) В}}^2 + Q_{\text{CP AT(ТР) В}}^2}{U_{\text{CP AT(ТР) В}}^2} \cdot R_{\text{AT(ТР) В}} + \frac{P_{\text{CP AT(ТР) С}}^2 + Q_{\text{CP AT(ТР) С}}^2}{U_{\text{CP AT(ТР) С}}^2} \cdot R_{\text{AT(ТР) С}} + \right. \\ &+ \left. \frac{P_{\text{CP AT(ТР) Н}}^2 + Q_{\text{CP AT(ТР) Н}}^2}{U_{\text{CP AT(ТР) Н}}^2} \cdot R_{\text{AT(ТР) Н}} \right) \cdot 10^3 = \left(\frac{P_{\text{CP AT(ТР) В}}^2 \cdot (1 + \text{tg}^2 \varphi)}{U_{\text{CP AT(ТР) В}}^2} \cdot R_{\text{AT(ТР) В}} + \right. \\ &+ \left. \frac{P_{\text{CP AT(ТР) С}}^2 \cdot (1 + \text{tg}^2 \varphi)}{U_{\text{CP AT(ТР) С}}^2} \cdot R_{\text{AT(ТР) С}} + \frac{P_{\text{CP AT(ТР) Н}}^2 \cdot (1 + \text{tg}^2 \varphi)}{U_{\text{CP AT(ТР) Н}}^2} \cdot R_{\text{AT(ТР) Н}} \right) \cdot 10^3 \end{aligned} \quad , \text{ кВт}, \quad (1.9)$$

где $P_{\text{CP AT(ТР) В}}$, $P_{\text{CP AT(ТР) С}}$, $P_{\text{CP AT(ТР) Н}}$, $Q_{\text{CP AT(ТР) В}}$, $Q_{\text{CP AT(ТР) С}}$, $Q_{\text{CP AT(ТР) Н}}$, $I_{\text{CP AT(ТР) В}}$, $I_{\text{CP AT(ТР) С}}$, $I_{\text{CP AT(ТР) Н}}$ – средние значения активной и реактивной мощностей, токовых нагрузок за базовый период T по обмоткам автотрансформатора (трехобмоточного трансформатора), МВт, Мвар, А, соответственно;

$U_{\text{CP AT(ТР) В}}$, $U_{\text{CP AT(ТР) С}}$, $U_{\text{CP AT(ТР) Н}}$ – средние значения напряжения за базовый период T по высшей, средней и низшей обмоткам автотрансформатора (трехобмоточного трансформатора), кВ;

$\text{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, о.е.;

$R_{\text{AT(ТР) В}}$, $R_{\text{AT(ТР) С}}$, $R_{\text{AT(ТР) Н}}$ – активные сопротивления обмоток автотрансформатора, Ом.

Средняя нагрузка определяется по формуле (1.5) для каждой обмотки отдельно.

При отсутствии измерений на низкой стороне автотрансформаторов за базовый период T допускается выполнять расчет потерь электроэнергии по данным обмоток высшего и среднего напряжения.

Нагрузочные потери мощности в токоограничивающем реакторе с использованием среднего рабочего тока за базовый период T :

$$\Delta W_{\text{н.ТОР}} = k_{\text{к}} \cdot \Delta P_{\text{н.ТОР ср}} \cdot T \cdot k_{\text{ф}}^2, \text{ кВт.ч}, \quad (1.10)$$

где $\Delta P_{\text{н.ТОР ср}}$ – потери мощности в токоограничивающем реакторе при средних за базовый период нагрузках узлов, кВт, определяются по формуле (1.11).

Коэффициент формы графика определяется по формуле (1.12).

Нагрузочные потери мощности при средних за базовый период нагрузках в токоограничивающем реакторе определяются по формуле:

$$\Delta P_{нТОР} = 3 \cdot \Delta P_{нТОР} \cdot \left(\frac{I_{ср}}{I_H} \right)^2, \text{ кВт}, \quad (1.11)$$

где $I_{ср}$ – значение среднего рабочего тока в базовом периоде T , А.

Вопросы и задания

Рассчитать годовые потери электроэнергии методом средних нагрузок в автотрансформаторах двухтрансформаторных подстанций, при условии заданных в таблице 1.5.

Таблица 1.5– Исходные данные для выполнения практического задания №3

Номер варианта (NB)	Тип трансформатора	Коэффициент загрузки	Время наибольшей нагрузки
1-5	АТДЦТН-63000/220	0,6	3900+NB
6-10	АТДЦТН-12500/220	0,7	4000+NB
11-15	АТДЦТН-200000/220	0,6	4100+NB
16-20	АТДЦТН-250000/220	0,7	4200+NB
21-25	АОДЦТН-167000/500/220	0,6	4300+NB
26-30	АОДЦТН-167000/500/330	0,7	4400+NB
31-35	АОДЦТН-267000/500/220	0,6	4500+NB
36-40	АТДЦТН-63000/220	0,7	4600+NB

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Какими схемами замещения моделируется автотрансформатор?
2. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения автотрансформаторов? В чем суть этих упрощений?
3. Как зависят сопротивления и проводимости автотрансформаторов от их номинальной мощности?
4. Как рассчитать нагрузочные потери мощности в токоограничивающем реакторе?
5. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
6. Как рассчитать нагрузочные потери мощности в автотрансформаторе?

Повышенный уровень

1. Каким образом в схеме замещения автотрансформатора учитывается магнитная связь обмоток?
2. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления автотрансформатора?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о расчетах потерь электроэнергии в автотрансформаторах и других элементах сети можно получить в [1,7].

Практическое занятие 4

Подготовка исходных данных о режимных параметрах и параметрах схемы сети

Целью занятия является получение навыков подготовки исходных данных о режимных параметрах и параметрах схемы сети, необходимых для выполнения расчетов потерь электроэнергии в помощью промышленных программных комплексов.

В результате практического занятия студенты должны освоить способы и правила подготовки исходных данных о режимных параметрах и параметрах схемы сети, необходимых для выполнения расчета потерь мощности с помощью ПО RastrWin.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь мощности, необходимые для выполнения расчетов потерь электроэнергии различными методами.

Теоретическая часть

Применение схем замещения силовых трансформаторов и автотрансформаторов в практических расчетах установившихся режимов ЭЭС

позволяет избежать сложностей непосредственных вычислений параметров режима магнитосвязанных участков сетей различного уровня напряжения. Рекомендации по выбору схем замещения основных типов силовых трансформаторов и автотрансформаторов даны в таблице 2.1. Параметры схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов определяются на основе паспортных (или каталожных) данных.

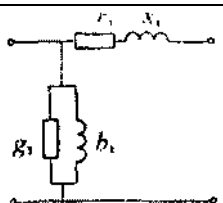
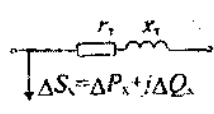
Численные значения параметров схемы замещения двухобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов (последние – когда не используется третья обмотка) рассчитываются следующим образом:

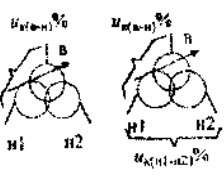
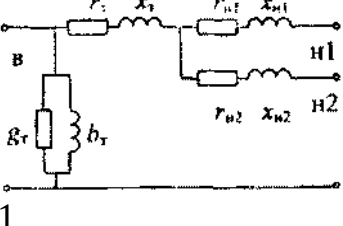
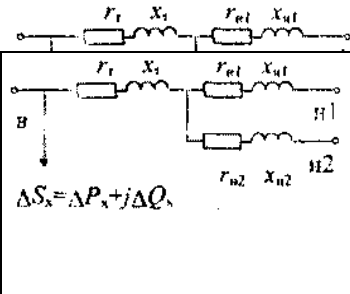
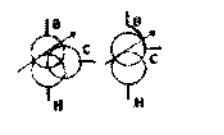
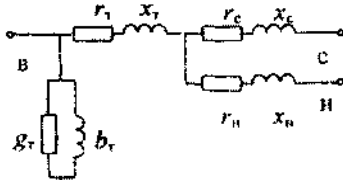
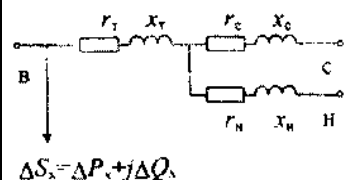
а) активное сопротивление продольной ветви схемы замещения по формуле

$$r_T = \frac{\Delta P_k U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2}, \text{ Ом,}$$

где ΔP_k – активная мощность потерь трансформатора из опыта короткого замыкания, МВт (использование в формулах размерности «мега» для величин полной, активной и реактивной мощности позволяет избавиться от переводных коэффициентов); $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение обмоток трансформатора, кВ {целесообразно использовать напряжение первичной (питающей) обмотки: для повышающих трансформаторов обмотки низкого напряжения (НН), для понижающих – высокого напряжения (ВН)}; $S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность трансформатора (автотрансформатора), МВА;

Таблица 1.6– Схемы замещения трансформаторов

Обозначение на однолинейных схемах	Класс напряжения, кВ	Схема замещения	Класс напряжения	Схема замещения
	330 и выше		220 и ниже	

	ТОЛЬКО 330		
	330 и выше		

б) полное сопротивление продольной ветви схемы замещения по формуле –

$$Z_T = \frac{u_{K\%} U_{\text{НОМ}}^2}{100 S_{\text{НОМ}}}, \text{ Ом},$$

где $U_{K\%}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

в) реактивное сопротивление продольной ветви схемы замещения –

$$x_T = \sqrt{Z_T^2 + r_T^2}, \text{ Ом},$$

если все обмотки трансформатора имеют номинальное напряжение выше 1000 В, рекомендуется пренебречь влиянием активной составляющей напряжения короткого замыкания $U_{K.a}\%$ и определять по полному значению $U_{K\%}$ непосредственно реактивное сопротивление схемы замещения:

$$x_T = \frac{U_{K\%} U_{\text{НОМ}}^2}{100 S_{\text{НОМ}}};$$

г) мощность активных потерь холостого хода трансформатора ΔP_x , МВт, является каталожной величиной; мощность реактивных потерь холостого хода трансформатора равны:

$$\Delta Q_x = \frac{I_x S_{\text{НОМ}}}{100}, \text{ квар},$$

где $I_x\%$ – ток холостого хода трансформатора, %;

д) активная и реактивная проводимости:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{\text{НОМ}}^2}, \text{ См}, \quad b_T = \frac{\Delta Q_x}{U_{\text{НОМ}}^2}, \text{ См};$$

иногда проводимости ветви намагничивания заменяются обратными величинами – сопротивлениями шунтов:

$$R_{ш} = \frac{U_{НОМ}^2}{\Delta P_x}, \text{Ом}.$$

Существует возможность вычисления потерь активной и реактивной мощности в двухобмоточных трансформаторах непосредственно по каталожным данным без расчета параметров схемы замещения:

$$\Delta P = \Delta P_x + \frac{\Delta P_K S_2^2}{S_{НОМ}^2}, \text{МВт}; \quad \Delta Q = \frac{I_x \% S_{НОМ}}{100} + \frac{u_K \% S_2^2}{100 S_{НОМ}}, \text{Мвар},$$

где S_2 – полная мощность, снимаемая с вторичной обмотки трансформатора, МВА.

Численные значения параметров схемы замещения трансформаторов с обмотками НН, расщепленными на две обмотки одинаковой номинальной мощности $n1$ и $n2$, рассчитываются:

а) активные сопротивления продольных ветвей схемы замещения:

$$r_B = r_{СКВ}/2; \quad r_{n1} = r_{n2} = r_{СКВ},$$

где $r_{СКВ} = \frac{\Delta P_K U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}, \text{Ом};$

б) реактивные сопротивления продольных ветвей схемы замещения в зависимости от объема исходной информации:

если известно единственное значение $U_{K(B-H)}\%$, то

$$x_B = 0,125 \frac{U_{НОМ}^2}{100 S_{НОМ}} u_{K(B-H)} \%, \text{Ом}; \quad x_{H1} = x_{H2} = 1,75 \frac{U_{НОМ}^2}{100 S_{НОМ}} u_{K(B-H)} \%, \text{Ом};$$

если кроме $U_{K(B-H)}\%$ известно значение $U_{K(n1-n2)}\%$, причем последнее приведено к номинальной мощности расщепленной обмотки, расчет ведется по формулам:

$$x_B = \frac{U_{НОМ}^2}{100 S_{НОМ}} \left(u_{K(B-H)} \% \frac{u_{K(n1-n2)} \%}{2} \right) \text{Ом}; \quad x_{H1} = x_{H2} = \frac{U_{НОМ}^2}{100 S_{НОМ}} u_{K(n1-n2)} \%, \text{Ом},$$

где $U_{K(B-H)}\%$ и $U_{K(n1-n2)}\%$ – значения напряжений короткого замыкания в двух опытах, в одном из которых напряжение подавалось на обмотку ВН при замкнутых накоротко обмотках $n1$ и $n2$, а в другом – на $n1$ при замкнутой накоротко обмотке $n2$; в некоторых справочниках значение $U_{K(n1-n2)}\%$ дается с учетом выполненного по

выражению:

$$u'_{K(H1-H2)} = u_{K(H1-H2)} \% \frac{S_{НОМ}}{S_{НОМр}} \cdot \%$$

приведения к номинальной мощности трансформатора. Здесь $U_{K(H1-H2)}\%$ – примененное только в этой работе условное обозначение напряжения короткого замыкания трансформатора с растепленными обмотками (т.е. при различной номинальной мощности обмоток ВН и НН), приведенное к номинальной мощности трансформатора. В этой ситуации реактивные сопротивления трансформаторов с расщепленной обмоткой определяют по формулам:

$$x_B = \frac{U_{НОМ}^2}{100S_{НОМ}} \left(u_{K(B-H)} \% - \frac{u'_{K(H1-H2)} \%}{4} \right), \text{Ом}; \quad x_{H1} = x_{H2} = \frac{U_{НОМ}^2}{100S_{НОМ}} \frac{u'_{K(H1-H2)} \%}{2}, \text{Ом}.$$

Расчет поперечных проводимостей, сопротивлений шунтов или потерь холостого хода аналогичен расчету этих параметров для двухобмоточного трансформатора.

Численные значения параметров схемы замещения трехобмоточных трансформаторов с обмотками одинаковой мощности рассчитываются:

а) активные сопротивления продольных ветвей схемы замещения:

$$r_B = \frac{U_{НОМ}^2}{2S_{НОМ}^2} (\Delta P_{K(B-H)} + \Delta P_{K(B-C)} - \Delta P_{K(C-H)});$$

$$r_C = \frac{U_{НОМ}^2}{2S_{НОМ}^2} (\Delta P_{K(B-C)} + \Delta P_{K(C-H)} - \Delta P_{K(B-H)});$$

$$r_H = \frac{U_{НОМ}^2}{2S_{НОМ}^2} (\Delta P_{K(B-H)} + \Delta P_{K(C-H)} - \Delta P_{K(B-C)});$$

при этом следует помнить, что равным номинальным мощностям обмоток соответствуют одинаковые приведенные активные сопротивления;

б) реактивные сопротивления продольных ветвей схемы замещения:

$$x_B = \frac{U_{НОМ}^2}{200S_{НОМ}} (u_{K(B-H)} \% + u_{K(B-C)} \% - u_{K(C-H)} \%);$$

$$x_C = \frac{U_{НОМ}^2}{200S_{НОМ}} (u_{K(B-C)} \% + u_{K(C-H)} \% - u_{K(B-H)} \%);$$

$$x_H = \frac{U_{НОМ}^2}{200S_{НОМ}} (u_{K(B-H)} \% + u_{K(C-H)} \% - u_{K(B-C)} \%).$$

Численные значения параметров схемы замещения трехобмоточных трансформаторов с обмотками различной номинальной мощности и автотрансформаторов рассчитываются по выражениям для трехобмоточных трансформаторов с обмотками одинаковой номинальной мощности с обязательным приведением паспортных значений $U_{K(i-j)}\%$ и $\Delta P_{K(i-j)}$ для всех пар обмоток к одной мощности (обычно к мощности обмотки ВН). Приведение $U_{K(i-j)}\%$ осуществляется пропорционально отношению номинальных мощностей обмоток и в современных справочниках, как правило, уже выполнено. Приведение $\Delta P_{K(i-j)}$ производится пропорционально отношению квадратов номинальных мощностей обмоток. Для автотрансформаторов приведение $\Delta P_{K(i-j)}$ выполняется с использованием коэффициента выгоды:

$$\alpha_{KH} = \frac{S_{мин}}{S_{НОМ}} = 1 - \frac{U_{С\ НОМ}}{U_{В\ НОМ}},$$

по выражениям:

$$\Delta P_{K(B-H)} = \frac{\Delta P_{K(B-H)}^H}{\alpha_{HH}^2}; \quad \Delta P_{K(C-H)} = \frac{\Delta P_{K(C-H)}^H}{\alpha_{HH}^2},$$

где $\Delta P_{K(i-j)}^H$ – значения потерь короткого замыкания до приведения к единой мощности.

В некоторых случаях каталожные данные содержат лишь одно из трех значений $\Delta P_{K(i-j)}$. При этом расчет активных сопротивлений схемы замещения выполняется с использованием понятия «сквозное активное сопротивление» (см. трансформаторы с расщепленными обмотками) с последующим его разделением по ветвям схемы замещения в пропорциях, определяемых отношениями номинальных мощностей обмоток, представленных в таблице 1.7.

Расчет поперечных проводимостей, сопротивлений шунтов или потерь

холостого хода аналогичен расчету этих параметров для двухобмоточного трансформатора.

Специальные расчеты, требующие учета влияния устройств регулирования коэффициента трансформации типа РПН (регулирование под нагрузкой) и ПБВ (переключение без возбуждения), в объем работы не входят.

Таблица 1.7 – Соотношение сопротивлений для схем замещения трансформаторов

Мощность обмоток трансформатора по отношению к номинальной, %			Активное сопротивление схемы замещения		
S_B	S_C	S_H	r_B	r_C	r_A
100	67	100	$0,5r_{CKB}$	$0,75r_{CKB}$	$0,5r_{CKB}$
100	100	67	$0,5 r_{CKB}$	$0,5 r_{CKB}$	$0,75 r_{CKB}$
100	67	67	$0,55 r_{CKB}$	$0,82 r_{CKB}$	$0,82 r_{CKB}$
100	100	50	$0,5 r_{CKB}$	$0,5 r_{CKB}$	r_{CKB}
100	50	50	$0,5 r_{CKB}$	r_{CKB}	r_{CKB}
100	100	33	$0,5 r_{CKB}$	$0,5 r_{CKB}$	$0,5 r_{CKB}$

Выполнение расчетов симметричных установившихся режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) трехфазного переменного тока основано на применении однофазной линейной схемы замещения, параметры которой в общем случае являются комплексными величинами. Соединенные в определенном порядке схемы замещения отдельных элементов подсистемы передачи электрических сетей служат основой для формирования матриц обобщенных параметров в математических моделях ЭЭС различного вида. Определение удельных (на 1 км) параметров схем замещения линий электропередач (ЛЭП) – воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) – производится при общепринятых допущениях:

-отличие удельных активного и омического сопротивлений пренебрежимо мало, в связи с чем в расчетах используются значения электрического сопротивления 1 км провода постоянному току при температуре 20°C, а отличие

среднеэксплуатационной температуры провода от 20°C не учитывается;

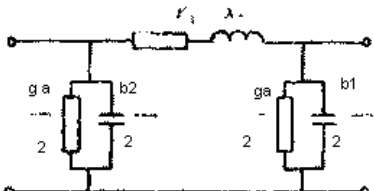
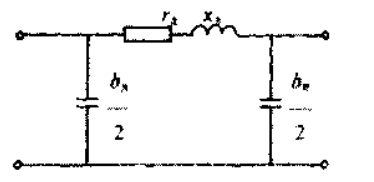
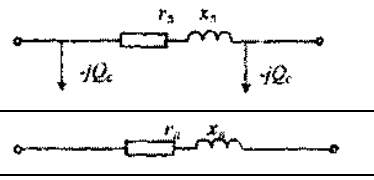
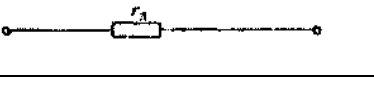
-для определения реактивных параметров одноцепных ВЛ применяют усредненные значения междуфазных расстояний; влиянием вторых цепей на двухцепных ВЛ пренебрегают;

-реактивные параметры отдельных фаз одинаковы – при длине ВЛ более 100 км линия транспонирована, при меньших длинах перекосом по фазам пренебрегают;

-при расчете потокораспределения потерями активной мощности на корону в ВЛ напряжением 220 кВ и ниже можно пренебречь.

В практических расчетах ВЛ длиной до 300 км и КЛ представляются полными П-образными схемами замещения с сосредоточенными параметрами. Рекомендации по выбору схемы замещения в зависимости от типа ЛЭП и ее номинального напряжения представлены в таблице 1.6. Численные значения параметров схемы замещения рассчитываются по следующим выражениям.

Таблица 1.8 – Рекомендации по выбору схемы замещения в зависимости от типа ЛЭП и ее номинального напряжения

№ п/п	Схема замещения	Класс напряжения	
		ВЛ	КЛ
1		330 и выше	—
2		220, 110	220, 110
3		220, 110	35
4		35, 10, 6	10, 6
5		—	6, 10 – для кабелей с медными жилами
6		Электромагнитные переходные процессы	

Активное сопротивление линии:

$$r_{\text{л}} = r_0 \cdot l, \text{ Ом},$$

где r_0 – сопротивление 1 км линии постоянному току при температуре 20°C (погонное активное сопротивление), Ом/км,

$$r_0 = \frac{r_{0np}}{n_{\phi}},$$

где r_0 – сопротивление 1 км провода постоянному току при температуре 20°C (погонное активное сопротивление), Ом/км; n_{ϕ} – число проводов в расщепленной фазе, о.е.; l – длина линии электропередач, км.

Реактивное сопротивление линии

$$x_{\text{л}} = x_0 \cdot l, \text{ Ом},$$

где x_0 – полное погонное реактивное сопротивление 1 км линии, Ом/км:

$$x_0 = x_0' + x_0'',$$

(x_0' и x_0'' – удельные (погонные) внешнее и внутреннее реактивные сопротивления 1 км линии, Ом/км).

Удельное внешнее реактивное сопротивление 1 км линии

$$x_0' = 0.1445 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{R_{\text{э}}}.$$

Здесь $D_{\text{ср}}$ – среднее геометрическое расстояние между фазами ЛЭП, м, см, мм:

$$D_{\text{ср}} = \sqrt{D_{ab} D_{bc} D_{ca}},$$

где D_{ij} – расстояние между парами фаз i и j , м, см, мм; выражение для $D_{\text{ср}}$ имеет две важные частые реализации: $D_{\text{ср}} = D$ – при расположении фаз по вершинам равностороннего треугольника; $D_{\text{ср}} = 1,26 D$ – при расположении фаз в одной плоскости (горизонтально); $R_{\text{э}}$ – эквивалентный радиус расщепленной фазы, м, см, мм:

$$R_{\text{э}} = \sqrt{R_{\text{пр}} a_{\text{ср}}} (n_{\phi} - 1),$$

где $R_{\text{пр}}$ – расчетный радиус провода, м, см, мм, $a_{\text{ср}}$ – среднее расстояние между проводами в одной расщепленной фазе, м, см, мм.

Удельное внутреннее реактивное сопротивление 1 км линии с расщепленными

фазами зависит от материала проводов, причем, для проводов из алюминия или меди ($\mu=1$) может быть рассчитано по формуле:

$$x''_0 = 0,0157 \frac{\mu}{n_\phi},$$

а для проводов из стали $x''_0 = f(I)$ и определяется по справочным данным [2].

Удельная емкостная проводимость линии:

$$b_\pi = b_0 l,$$

где b_0 – удельная (на 1 км) реактивная (емкостная) проводимость в схеме замещения ВЛ:

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{cp}}{R_3}} \cdot 10^{-6}, \text{ См/км.}$$

Половина полной зарядной мощности ЛЭП:

$$Q = 0.5 U^2 b_\pi, \text{ Мвар,}$$

где U – линейное номинальное или реальное напряжение линии, кВ.

Активная проводимость линии

$$g = g_0 l, \text{ См,}$$

где g_0 – удельная активная проводимость линии,

$$g_0 = \frac{\Delta P}{U^2}, \text{ См/км,}$$

($\Delta P_{\text{кор}}$ – мощность удельных активных потерь на корону, определенная по специальной методике, МВт/км).

При длине ВЛ более 300 км переходят к моделям с распределенными параметрами или вводят корректирующие коэффициенты для П-образных моделей с сосредоточенными параметрами. При этом используют выражения:

$$r_\pi = r_0 l K_r; \quad x_\pi = x_0 l K_x; \quad b_\pi = b_0 l K_c,$$

$$\text{где } K_r = 1 - \frac{l^2}{3} x_0 b_0, \quad K_x = 1 - \frac{l^2}{6} x_0 b_0 \left(1 - \frac{r_0^2}{x_0^2} \right), \quad K_c = 1 + \frac{l^2}{12} x_0 b_0 \text{ или } K_c = \frac{3K_r}{2(1 + K_r)}.$$

Вопросы и задания

Для сети, представленной на рисунке 1.1 с параметрами, выбранными в соответствии с номером варианта из таблицы 1.9 и трансформаторами,

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840.

[illegible]

в балансирующем узле (БУ) равны принять (-1000 МВар, +1000 МВар). Все нагрузки в узлах заданы в МВт. Нагрузки в течение расчетного периода принять неизменными. Количество суток в летнем периоде равно 180, в зимнем – 185.

Таблица 1.11 - Суточные графики нагрузок узлов за зимний период

| Нагрузка в
МВт | P ₂ | | | P ₃ | | | P ₄ | | | P ₅ | | | P ₆ | | | P ₇ | | |
|--------------------|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|
| Степень
графика | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Вариант | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 0 | 15 | 20 | 20 | - | - | - | - | - | - | 10 | 10 | 20 | - | - | - | 20 | 30 | 20 |
| 1 | - | - | - | 20 | 25 | 40 | 50 | 50 | 70 | 10 | 15 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - | - | 55 | 60 | 50 | - | - | - | 30 | 40 | 50 | 30 | 20 | 20 |
| 3 | 20 | 10 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 45 | 55 | 20 | 21 | 22 |
| 4 | 12 | 24 | 24 | - | - | - | 70 | 50 | 60 | - | - | - | 50 | 35 | 40 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | 20 | 25 | 25 | 51 | 55 | 70 | | - | - | - | - | - | 22 | 24 | 25 |
| 6 | 15 | 20 | 15 | - | - | - | 52 | 50 | 50 | - | - | - | - | - | - | 20 | 20 | 30 |
| 7 | 20 | 15 | 13 | - | - | - | 50 | 60 | 50 | 15 | 10 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 16 | 20 | 18 | - | - | - | 60 | 50 | 60 | - | - | - | - | - | - | 20 | 25 | 20 |
| 9 | - | - | - | 30 | 30 | 20 | - | - | - | 11 | 16 | 14 | 40 | 40 | 50 | - | - | - |

Таблица 1.12 -Суточные графики нагрузок узлов за летний период

| Нагрузка в
МВт | P ₂ | | | P ₃ | | | P ₄ | | | P ₅ | | | P ₆ | | | P ₇ | | |
|--------------------|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|
| Степень
графика | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 0 | 12 | 15 | 15 | - | - | - | - | - | - | 9 | 11 | 14 | - | - | - | 18 | 15 | 17 |
| 1 | - | - | - | 15 | 17 | 34 | 25 | 26 | 60 | 8 | 10 | 17 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - | - | 50 | 52 | 46 | - | - | - | 26 | 30 | 40 | 15 | 19 | 19 |
| 3 | 12 | 7 | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 38 | 41 | 50 | 17 | 26 | 14 |
| 4 | 10 | 20 | 18 | - | - | - | 68 | 45 | 56 | - | - | - | 47 | 30 | 36 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | 19 | 20 | 21 | 48 | 52 | 40 | - | - | - | - | - | - | 15 | 16 | 17 |
| 6 | 11 | 14 | 12 | - | - | - | 38 | 34 | 35 | - | - | - | - | - | - | 15 | 17 | 24 |
| 7 | 10 | 12 | 11 | - | - | - | 30 | 44 | 32 | 15 | 10 | 17 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 13 | 14 | 16 | - | - | - | 40 | 44 | 49 | - | - | - | - | - | - | 17 | 23 | 15 |
| 9 | - | - | - | 27 | 24 | 18 | - | - | - | 9 | 12 | 13 | 34 | 35 | 43 | - | - | - |

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Какую информацию необходимо задать для расчета установившегося режима ЭЭС?
2. Как задается значение коэффициента трансформации для программы RastrWin?
3. Из каких соображений выбираются пределы реактивной мощности в опорных узлах?
4. Почему не задается мощность генерации в балансирующем узле?
5. Какие узлы назначаются в качестве балансирующего?

Повышенный уровень

1. От каких параметров зависит удельное внешнее реактивное сопротивление 1 км линии?
2. Как рассчитать значение поперечных проводимостей шунтов силовых трансформаторов
3. В каких случаях целесообразно задавать шунты в виде отборов мощности?
4. От каких параметров зависит удельная емкостная проводимость 1 км линии?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о расчетах параметров схемы замещения линий и трансформаторов можно получить в [4 - 6].

Инструкции по формированию расчетной схемы и расчету параметров режима подробно изложены в [4].

Практическое занятие 5

Расчет потерь электроэнергии в питающей сети методом оперативных расчетов

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии в питающей сети методом оперативных расчетов для нормирования технологических потерь электроэнергии

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь электроэнергии в питающей сети методом оперативных расчетов и получить навыки, необходимых выполнения таких расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты расчета потерь электроэнергии в питающей сети методом оперативных расчетов для нормирования технологических потерь электроэнергии.

Теоретическая часть

Основным документом, регламентирующим порядок расчета нагрузочных потерь электроэнергии, является [1].

При использовании метода оперативных расчетов потери электроэнергии рассчитываются по формуле:

$$\Delta W = 3 \cdot \sum_{i=1}^n R_i \cdot \sum_{j=1}^m I_{ij}^2 \cdot \Delta t_{ij}, \quad (1.12)$$

где n - число элементов сети;

Δt_{ij} - интервал времени, в течение которого токовую нагрузку I_{ij} i -го элемента сети с сопротивлением R_i принимают неизменной;

m - число интервалов времени.

Токовые нагрузки элементов сети определяются на основе данных диспетчерских ведомостей, оперативных измерительных комплексов (далее - ОИК) и автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии (далее - АСКУЭ).

Примеры решения задач

Вопросы и задания

Для сети, рассмотренной в практическом занятии № 2 с постоянными суточными графиками узловых нагрузок за летний и зимний период представленными в таблицах 1.11- 1.12, рассчитать нагрузочные потери электроэнергии за год методом оперативных расчетов.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. В каком месте линии необходимо измерять ток и напряжение при использовании метода оперативных расчетов?
2. С какой периодичностью необходимо фиксировать значения токовых нагрузок или измерять потоки активной и реактивной мощностей?
3. Какие способы получения токовых нагрузок элементов сети Вам известны?
4. Как учитываются потоки реактивной мощности в методе оперативных расчетов?
5. Можно ли использовать метод оперативных расчетов для расчета условно-постоянных потерь?

Повышенный уровень

1. Как учитывается изменение температуры провода по длине линии при расчете потерь электроэнергии?
2. Как зависит сопротивление провода от его температуры?
3. Каковы причины погрешностей расчета потерь мощности при использовании токов, измеренных на подстанции?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения о методе оперативных расчетов можно получить в [1,7].

Практическое занятие 6

Расчет потерь электроэнергии в сети методом расчетных суток

Целью занятия является получение практических навыков расчета потерь электроэнергии в сети методом расчетных суток.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь электроэнергии в питающей сети методом расчетных суток и получить навыки, необходимые для выполнения таких расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии различными методами в зависимости от имеющейся исходной информации.

Теоретическая часть

Метод расчетных суток состоит в расчете потерь электроэнергии по формуле:

$$\Delta W_{Hj} = k_{\text{л}} k_{\text{ф.м}}^2 \Delta W_{\text{сут}} D_{\text{экв } j}, \quad (1.13)$$

где $\Delta W_{\text{сут}}$ - потери электроэнергии за сутки расчетного месяца со среднесуточным отпуском электроэнергии в сеть $W_{\text{ср.сут}}$ и конфигурацией графиков нагрузки в узлах, соответствующей контрольным замерам;

$k_{\text{л}}$ - коэффициент, учитывающий влияние потерь в арматуре ВЛ и принимаемый равным 1,02 для линий напряжением 110 кВ и выше и равным 1,0 для линий более низких напряжений;

$k_{\text{ф.м}}^2$ - коэффициент формы графика суточных отпусков электроэнергии в сеть (график с числом значений, равным числу дней в месяце контрольных замеров);

$D_{\text{экв } j}$ - эквивалентное число дней в j -м расчетном интервале, определяемое по формуле:

$$D_{\text{экв } j} = \sum_{i=1}^{N_j} W_{\text{м } i}^2 D_{\text{м } i} / W_{\text{м.р}}^2, \quad (1.14)$$

где $W_{\text{м } i}$ - отпуск электроэнергии в сеть в i -м месяце с числом дней $D_{\text{м } i}$;

$W_{\text{м.р}}$ - то же, в расчетном месяце;

N_j - число месяцев в j -м расчетном интервале.

При расчете потерь электроэнергии за месяц $D_{\text{экв } j} = D_{\text{м } i}$.

Потери электроэнергии за расчетные сутки $\Delta W_{\text{сут}}$ определяются как сумма потерь мощности, рассчитанная для каждого часового интервала расчетных суток.

Потери электроэнергии в расчетном периоде определяются как сумма потерь во всех расчетных интервалах года. Допускается определять годовые потери

электроэнергии на основе расчета $\Delta W_{\text{сут}}$ для зимнего дня контрольных замеров, принимая в формуле (1.14) $N_j = 12$.

Коэффициент $k_{\phi.m}^2$ определяется по формуле:

$$k_{\phi.m}^2 = \sum_{i=1}^{D_m} W_i^2 / (W_{\text{ср.сут}}^2 D_m), \quad (1.15)$$

где W_i - отпуск электроэнергии в сеть за i -й день месяца;

D_m - число дней в месяце.

При отсутствии данных об отпуске электроэнергии в сеть за каждые сутки месяца коэффициент $k_{\phi.m}^2$ определяется по формуле:

$$k_{\phi.m}^2 = \frac{(D_p + k_w^2 D_{н.р}) D_m}{(D_p + k_w D_{н.р})^2}, \quad (1.16)$$

где $D_p, D_{н.р}$ - число рабочих и нерабочих дней в месяце ($D_m = D_p + D_{н.р}$);

k_w - отношение значений энергии, потребляемой в средний нерабочий и средний рабочий дни $k_w = W_{н.р} / W_p$.

Вопросы и задания

Для сети, рассмотренной в практическом занятии № 2 с постоянными суточными графиками узловых нагрузок за летний и зимний период представленными в таблицах 1.11- 1.12, рассчитать нагрузочные потери электроэнергии за год методом расчетных суток.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. По каким критериям выбирается расчетная формула для определения коэффициента формы графика нагрузки?
2. Какие рабочие и нерабочие дни необходимо выбрать для определения k_w ?
3. В чем суть метода характерных суточных режимов?
- 4.

Повышенный уровень

1. С какой целью разделяют суточные потери на нагрузочные потери в линиях и трансформаторах?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения о методе расчетных суток можно получить в [1,7].

Практическое занятие 7

Расчет потерь электроэнергии в сети методом средних нагрузок в питающей сети

Целью занятия является получение навыков подготовки исходных данных о режимных параметрах и параметрах схемы сети, необходимых для выполнения расчетов потерь ЭЭ в помощью промышленных программных комплексов.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь электроэнергии в питающей сети методом средних нагрузок и получить навыки, необходимые для выполнения таких расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии различными методами в зависимости от имеющейся исходной информации.

Теоретическая часть

При использовании метода средних нагрузок потери электроэнергии рассчитываются по формуле:

$$\Delta W_{nj} = k_{\Delta} k_k \Delta P_{cp} T_j k_{\phi}^2, \quad (1.17)$$

где ΔP_{cp} - потери мощности в сети при средних за расчетный интервал нагрузках узлов;

k_{ϕ}^2 - коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал;

k_k - коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки различных ветвей сети;

T_j - продолжительность j -го расчетного интервала, ч.

Коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал определяется по формуле:

$$k_{\phi}^2 = \sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i / (P_{cp}^2 T) , \quad (1.18)$$

где P_i - значение нагрузки на i -й ступени графика продолжительностью Δt_i , час;

m - число ступеней графика на расчетном интервале;

P_{cp} - средняя нагрузка сети за расчетный интервал.

Коэффициент k_k в формуле (1.29) принимается равным 0,99.

Допускается определять коэффициент формы графика за расчетный интервал по формуле:

$$k_{\phi}^2 = k_{\phi.c}^2 \cdot k_{\phi.m}^2 \cdot k_{\phi.N}^2 , \quad (1.19)$$

где $k_{\phi.c}^2$ - коэффициент формы суточного графика дня контрольных замеров, рассчитанный по формуле (1.18);

$k_{\phi.N}^2$ - коэффициент формы графика месячных отпусков электроэнергии в сеть (график с числом значений, равным числу месяцев в расчетном интервале), рассчитываемый по формуле:

$$k_{\phi.N}^2 = \sum_{i=1}^{N_j} W_{mi}^2 / (N_j \cdot W_{cp.мес}^2), \quad (1.20)$$

где W_{mi} - отпуск электроэнергии в сеть за i -й месяц расчетного интервала;

$W_{cp.мес}$ - среднемесячный отпуск электроэнергии в сеть за месяцы расчетного интервала.

При расчете потерь за месяц $k_{\phi.N}^2 = 1$.

При отсутствии графика нагрузки значение k_{ϕ}^2 определяется по формуле:

$$k_{\phi}^2 = \frac{1 + 2 k_3}{3 k_3} . \quad (1.21)$$

Коэффициент заполнения графика суммарной нагрузки сети k_3 определяется по формуле:

$$k_3 = \frac{W_o}{P_{max} T} = \frac{T_{max}}{T} = \frac{P_{cp}}{P_{max}} , \quad (1.22)$$

где W_o - отпуск электроэнергии в сеть за время T ;

T_{max} - число часов использования наибольшей нагрузки сети.

Средняя нагрузка i -го в узла определяется по формуле:

$$P_{cp i} = \frac{W_i}{T}, \quad (1.23)$$

где W_i - энергия, потребленная (генерированная) в i -м узле за время T .

Вопросы и задания

Для сети, рассмотренной в практическом занятии № 2 с постоянными суточными графиками узловых нагрузок за летний и зимний период представленными в таблицах 1.11- 1.12, рассчитать нагрузочные потери электроэнергии за год методом средних нагрузок.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Как определить математическое ожидание нагрузки в узле сети?
2. Можно ли по значениям суточного, месячного и годового значения коэффициенты формы графика нагрузки определить значение коэффициента формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал?
3. Какие Вы знаете способы определения коэффициент заполнения графика суммарной нагрузки сети?
4. Как можно рассчитать значение коэффициента заполнения графика нагрузки?

Повышенный уровень

1. Как при расчетах потерь мощности в сети при средних за расчетный интервал нагрузках узлов учитываются межсистемные перетоки?
2. Какие способы определения коэффициента формы допустимы при использовании метода средних нагрузок?
3. В каких пределах может изменяться значение коэффициента формы в методе средних нагрузок?

Рекомендуемая литература

Более подробные сведения о методе средних нагрузок можно получить в [7,8,9].

Практическое занятие 8

Расчет нагрузочных потерь электроэнергии методом средних нагрузок в распределительной сети высокого напряжения

Целью занятия является получение навыков расчета нагрузочных потерь электроэнергии методом средних нагрузок в распределительной сети высокого напряжения.

В результате практического занятия студенты должны изучить особенности расчета потерь электроэнергии в распределительных сетях высокого напряжения, освоить методику выполнения таких расчетов и получить практические навыки выполнения расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии различными методами в зависимости от имеющейся исходной информации.

Теоретическая часть

Нагрузочные потери электроэнергии в сети 6-10 кВ рассчитываются методом средних нагрузок по выражению (1.17). Пример расчета потерь электроэнергии данным методом подробно рассмотрен в задаче 9.2 [1].

Вопросы и задания

Рассчитать годовые потери электроэнергии в фидерах распределительной сети напряжением 6 кВ, представленных на рисунках 1.2 – 1.4. Параметры схем представлены в таблицах 1.11-1.13, нагрузки распределительных трансформаторов (РТ) заданы коэффициентом загрузки в таблице 2.7. Номера отключенных трансформаторов для каждого варианта представлены в таблице 1.14.

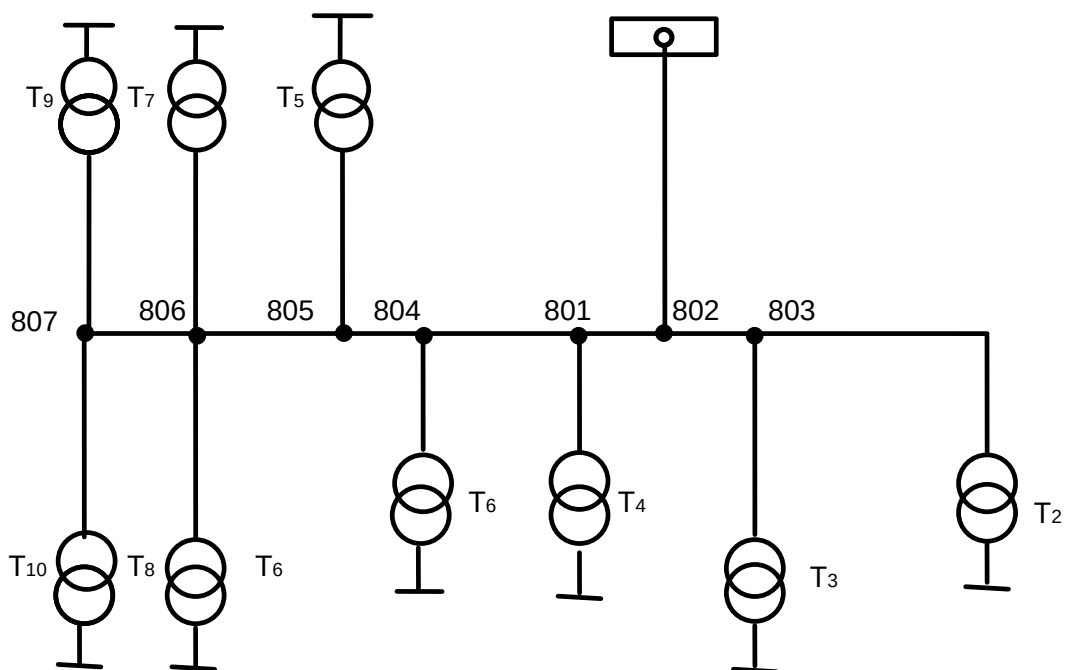


Рисунок 1.2 - Схема № 1 распределительной сети напряжением 6 кВ

Таблица 1.13 - Параметры схемы № 1

| Ветвь | | Длина ветви
км | Марка провода | Мощность
трансформатора
кВА |
|--------|-------|-------------------|---------------|-----------------------------------|
| Начало | Конец | | | |
| 100 | 801 | 0,18 | АС-50 | - |
| 801 | 802 | 1,12 | АС-50 | - |
| 802 | 803 | 0.44 | АС-50 | - |
| 803 | 3 | 0.27 | АС-50 | 60 |
| 803 | 2 | 0.18 | АС-50 | 160 |
| 802 | 4 | 0.56 | АС-50 | 160 |
| 4 | 6 | 1.04 | АС-50 | 250 |
| 6 | 804 | 0.22 | АС-50 | - |
| 804 | 806 | 1.29 | АС-50 | - |
| 806 | 807 | 0.40 | АС-35 | - |
| 807 | 9 | 0.36 | АС-35 | 60 |
| 807 | 10 | 0.52 | АС-35 | 60 |
| 806 | 8 | 0.25 | АС-50 | 100 |
| 806 | 7 | 1.24 | АС-50 | 100 |
| 804 | 805 | 1.16 | АС-50 | - |
| 805 | 5 | 0.17 | АС-25 | 60 |

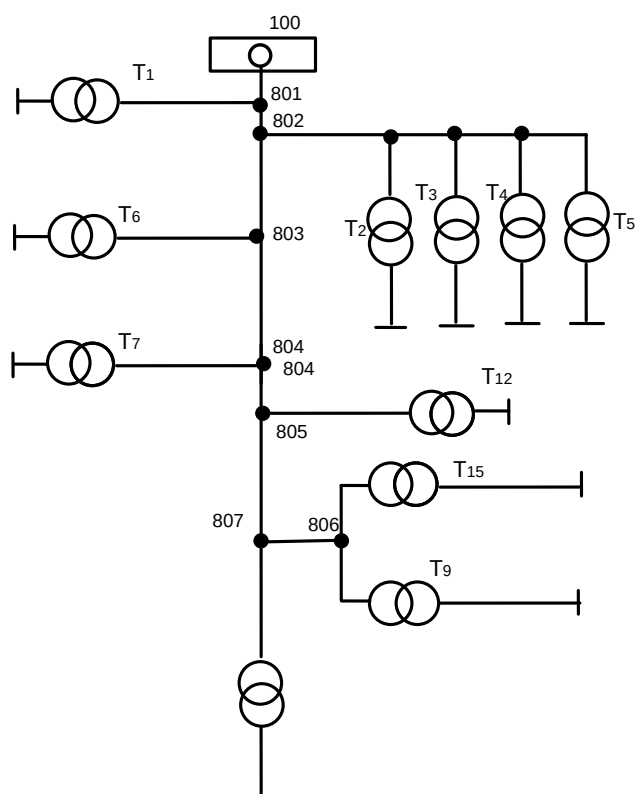


Рисунок 1.3 - Схема № 2 распределительной сети напряжением 6 кВ

Таблица 1.14 - Параметры схемы № 2

| Ветвь | | Длина ветви,
км | Марка
провода | Мощность
трансфор-
матора кВА |
|--------|--------|--------------------|------------------|-------------------------------------|
| № нач. | № кон. | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 100 | 801 | 2.1 | АС-70 | - |
| 801 | 1 | 0.22 | АС-50 | 160 |
| 801 | 802 | 1.64 | АС-70 | - |
| 802 | 2 | 0.57 | АС-50 | 60 |
| 2 | 3 | 0.56 | АС-50 | 60 |
| 2 | 3 | 0.56 | | |
| 4 | 5 | 1.3 | АС-50 | 60 |
| 802 | 803 | 1.82 | АС-70 | - |
| 803 | 804 | 0.51 | АС-70 | 100 |
| 3 | 4 | 2.07 | АС-50 | 60 |
| 804 | 805 | 0.38 | АС-50 | - |
| 805 | 807 | 2.31 | АС-25 | 60 |
| 805 | 806 | 0.52 | АС-50 | - |
| 806 | 15 | 1.47 | АС-25 | 60 |
| 806 | 9 | 0.09 | АС-25 | 60 |
| 804 | 7 | 1.76 | АС-25 | 60 |
| 803 | 6 | 0.55 | АС-25 | 100 |
| 804 | 12 | 0.12 | АС-50 | 60 |

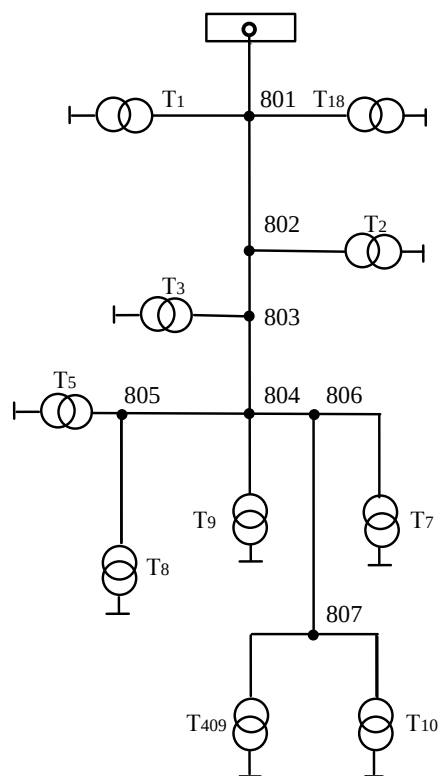


Рисунок 1.4 - Схема № 3 распределительной сети напряжением 6 кВ

Таблица 1.15 - Параметры схемы 3

| Ветвь | | Длина ветви,
км | Марка
провода | Мощность
трансфор-
матора
кВА |
|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|--|
| № _{нач.} | № _{кон.} | | | |
| 100 | 801 | 2.0 | АС-70 | - |
| 801 | 1 | 0.22 | АС-50 | 160 |
| 801 | 802 | 1.64 | АС-70 | - |
| 802 | 2 | 0.57 | АС-25 | 60 |
| 802 | 3 | 0.56 | АС-50 | 60 |
| 3 | 803 | 0.77 | АС-50 | 160 |
| 801 | 18 | 1.82 | АС-70 | 160 |
| 803 | 804 | 0.51 | АС-50 | 250 |
| 803 | 805 | 0.38 | АС-50 | - |
| 805 | 7 | 2.31 | АС-50 | 160 |
| 805 | 8 | 0.52 | АС-50 | - |
| 9 | 10 | 1.47 | АС-25 | 60 |
| 8 | 9 | 0.09 | АС-50 | - |
| 604 | 5 | 1.76 | АС-25 | 60 |
| 9 | 409 | 0.55 | АС-50 | 100 |

Таблица 1.16 - Параметры схем и загрузки распределительных трансформаторов

| По первой цифре
варианта | | | Номера отключаемых трансформаторов выбираются по второй цифре номера
варианта | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|-------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Нвар | №
схемы | K_3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 0.20 | 9 | 7 | 5 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 8 | 2 |
| 1 | 2 | 0.30 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 807 | 15 | 9 | 7 | 6 |
| 2 | 3 | 0.40 | 1 | 18 | 2 | 3 | 804 | 5 | 803 | 409 | 10 | 7 |
| 3 | 1 | 0.50 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 8 | 2 | 9 | 7 | 5 |
| 4 | 2 | 0.22 | 807 | 15 | 9 | 7 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | 3 | 0.35 | 3 | 804 | 5 | 803 | 409 | 10 | 7 | 1 | 180 | 2 |
| 6 | 1 | 0.45 | 6 | 10 | 8 | 2 | 9 | 7 | 5 | 2 | 9 | 4 |
| 7 | 2 | 0.56 | 7 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 307 | 15 | 9 |
| 8 | 3 | 0.60 | 5 | 303 | 409 | 10 | 7 | 1 | 10 | 2 | 3 | 803 |
| 9 | 1 | 0.65 | 2 | 8 | 10 | 8 | 4 | 3 | 2 | 5 | 7 | 9 |

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. Как определяются потери холостого хода трансформаторов в сети 6-10 кВ?
2. Как расположить методы расчета переменных технических потерь электроэнергии в сети 6-10 кВ в порядке убывания их точности?
3. Как рассчитывается коэффициент формы суммарной нагрузки сети в методе средних нагрузок?
4. Как определяются нагрузочные потери электроэнергии по методу средних нагрузок?
5. В чем суть метода средних нагрузок?
6. Как учесть балансовую принадлежность при использовании метода средних нагрузок?
7. Как определить математическое ожидание нагрузки в узле сети

Повышенный уровень

1. В чем сущность метода «эквивалентного сопротивления»?
2. Каким способом рассчитываются нагрузки распределительных трансформаторов?
3. Какие уровни напряжения следует задавать в центрах питания при расчетах потерь электроэнергии методом средних нагрузок?
4. По каким данным и как рассчитывается коэффициент формы в методе средних нагрузок?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Суть метода средних нагрузок подробно изложена в [7 - 9].

Практическое занятие 9

Расчет потерь электроэнергии в сети методом числа часов наибольших потерь мощности

Целью занятия является получение навыков расчета нагрузочных потерь электроэнергии методом числа часов наибольших потерь мощности

В результате практического занятия студенты должны изучить особенности расчета потерь электроэнергии методом числа часов наибольших потерь мощности, освоить методику выполнения таких расчетов и получить практические навыки выполнения расчетов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии различными методами в зависимости от имеющейся исходной информации

Теоретическая часть

Метод числа часов наибольших потерь мощности состоит в расчете потерь электроэнергии по формуле:

$$\Delta W_{nj} = k_{\text{л}} k_k \Delta P_{\text{max}} T_j \tau_o, \quad (1.24)$$

где ΔP_{max} - потери мощности в режиме наибольшей нагрузки сети;

τ_o - относительное число часов наибольших потерь мощности, определенное по графику суммарной нагрузки сети за расчетный интервал.

Относительное число часов наибольших потерь мощности определяется по формуле:

$$\tau_o = \sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i / (P_{\text{max}}^2 T_j), \quad (1.25)$$

где P_{max} - наибольшее значение из m значений P_i в расчетном интервале.

Коэффициент k_k в формуле (2.13) принимается равным 1,03.

Допускается определять относительное число часов наибольших потерь мощности за расчетный интервал по формуле:

$$\tau_o = \tau_c \cdot \tau_M \cdot \tau_N \quad (1.26)$$

где τ_c - относительное число часов наибольших потерь мощности, рассчитанное по формуле (1.25) для суточного графика дня контрольных замеров.

Значения τ_M и τ_N рассчитывается по формулам:

$$\tau_M = \frac{\mathcal{D}_p + k_w^2 \mathcal{D}_{н.р}}{\mathcal{D}_M}; \quad (1.27)$$

$$\tau_N = \sum_{i=1}^{N_j} W_{mi}^2 / (N_j W_{m,p}^2), \quad (1.28)$$

где $W_{m,p}$ - отпуск электроэнергии в сеть в расчетном месяце.

При расчете потерь за месяц $\tau_N = 1$.

При отсутствии графика нагрузки значение τ_o определяется по формуле:

$$\tau_o = \frac{k_3 + 2 k_3^2}{3} . \quad (1.29)$$

Вопросы и задания

Для сети, рассмотренной в практическом занятии № 2 с постоянными суточными графиками узловых нагрузок за летний и зимний период представленными в таблицах 1.11- 1.12, рассчитать нагрузочные потери электроэнергии за год методом максимальных нагрузок.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Каким образом можно зафиксировать значение максимальной нагрузки ЭЭС?
2. Как получить максимальные нагрузки сети?
3. Как рассчитать коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети при отсутствии графика нагрузки?
4. Как рассчитать число часов наибольших потерь мощности при использовании метода числа часов наибольших потерь мощности?
5. Как рассчитывается относительное число часов наибольших потерь мощности при отсутствии графика нагрузки?

Повышенный уровень

1. Как задать нагрузки в узлах при использовании метода числа часов наибольших потерь мощности?
2. Какие способы определения относительного числа часов наибольших потерь мощности Вам известны?
3. Как определить максимальную нагрузку сети за базовый период?

4. Какие рабочие и нерабочие дни необходимо выбрать для определения k_w ?
5. Каким образом можно получить нагрузки узлов в режиме максимальных нагрузок?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Суть метода числа часов наибольших потерь мощности подробно изложена в [7 - 9].

Практическое занятие 10

Расчет погрешностей методов расчета нагрузочных потерь

Целью занятия является оценка погрешностей расчета нагрузочных потерь электроэнергии различными методами.

В результате практического занятия студенты должны научиться оценивать погрешности расчета нагрузочных потерь электроэнергии различными методами **и** сделать выводы о целесообразности применения различных методов расчета.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выбирать тот или иной метод расчета потерь электроэнергии для их нормирования.

Теоретическая часть

Нагрузочные потери электроэнергии за период T часов (D дней) могут быть рассчитаны одним из четырех следующих методов в зависимости от объема имеющейся информации о схемах и нагрузках сетей (методы расположены в порядке снижения точности расчета):

- 1) оперативных расчетов;
- 2) расчетных суток;
- 3) средних нагрузок;
- 4) числа часов наибольших потерь мощности.

Потери мощности в сети при использовании для расчета потерь электроэнергии методов 1–4 рассчитываются на основе заданной схемы сети и нагрузок ее элементов, определенных с помощью измерений или с помощью расчета нагрузок элементов электрической сети в соответствии с законами электротехники.

Потери электроэнергии по методам 2–4 могут рассчитываться за каждый месяц расчетного периода с учетом схемы сети, соответствующей данному месяцу. Допускается рассчитывать потери за расчетные интервалы, включающие в себя несколько месяцев, схемы сетей в которых могут рассматриваться как неизменные.

Потери электроэнергии за расчетный период определяют как сумму потерь, рассчитанных для входящих в расчетный период месяцев (расчетных интервалов).

Погрешность расчета потерь электроэнергии рассчитывается по отношению к результатам метода оперативных расчетов.

Вопросы и задания

Рассчитать погрешности расчетов потерь электроэнергии методами расчетных суток, средних нагрузок и расчета потерь с использованием числа часов наибольших потерь мощности для сети по результатам выполнения ПЗ № 4,5 и 7. В качестве условно эталонного использовать результаты метода оперативных расчетов.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. От каких параметров зависит точность расчета потерь электроэнергии за расчетный период?
2. От каких параметров зависит выбор метода расчета коэффициента формы и как он влияет на точность расчета потерь электроэнергии?
3. По каким критериям выбирается метод расчета потерь электроэнергии за базовый период?

4. От каких параметров зависит выбор метода расчета коэффициента формы и как он влияет на точность расчета потерь электроэнергии?

Повышенный уровень

1. Какие параметры определяют погрешность метода расчета потерь электроэнергии ?
2. Какую условно-эталонный метод расчета можно использовать для анализа погрешностей методов расчета?
3. Какими способами можно снизить погрешности расчета нагрузочных потерь электроэнергии?

Рекомендуемая литература

Основы теории погрешностей подробно изложены в [11].

Практическое занятие 11

Оценка потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети для получения величины нормативных потерь электроэнергии.

Теоретическая часть

Потери электроэнергии в линиях напряжением 0,38 кВ с сечением головного участка $F_{г}$, мм², отпуском электрической энергии в линии $W_{0,4}$, за период D , дней, рассчитываются в соответствии с методом оценки потерь электроэнергии на основе зависимостей потерь от обобщенной информации о схемах и нагрузках сети по формуле [1]:

$$\Delta W = k_{0,4} \cdot \left(\frac{W_{0,4}}{N} \right)^2 \cdot \frac{(1 - d_n)^2 \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \cdot L_{\text{экв}}}{F_{г\text{ср}} \cdot D} \cdot \frac{1 + 2 \cdot k_3}{3 \cdot k_3} \quad (1.30)$$

где $L_{\text{экв}}$ - эквивалентная длина линии;
 $\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент реактивной мощности;
 $k_{0,38}$ - коэффициент, учитывающий характер распределения нагрузок по длине линии и неодинаковость нагрузок фаз.

Эквивалентная длина линии определяется по формуле:

$$L_{\text{экв}} = L_{\text{м}} + 0,44 L_{2-3} + 0,22 L_1, \quad (1.41)$$

где $L_{\text{м}}$ - длина магистрали;
 L_{2-3} - длина двухфазных и трехфазных ответвлений;
 L_1 - длина однофазных ответвлений.

Под магистралью понимается наибольшее расстояние от шин 0,4 кВ распределительного трансформатора 6–20/0,4 кВ до наиболее удаленного потребителя, присоединенного к трехфазной или двухфазной линии.

Коэффициент $k_{0,38}$ определяют по формуле:

$$k_{0,38} = k_u (7,78 - 2,67d_p - 1,48d_p^2) \cdot (1,25 + 0,14 \cdot d_p), \quad (1.32)$$

где d_p - доля энергии, отпускаемой населению;
 k_u - коэффициент, принимаемый равным 1 для линии 380/220 В и равным 3 для линии 220/127 В.

При использовании формулы (1.30) для расчета потерь в N линиях с суммарными длинами магистралей $\sum L_{\text{м}}$, двухфазных и трехфазных ответвлений $\sum L_{2-3}$ и однофазных ответвлений $\sum L_1$ в формулу подставляется средний отпуск электроэнергии в одну линию:

$$W_{0,38} = \sum W_{0,38} / N, \quad (1.33)$$

где $\sum W_{0,38}$ суммарный отпуск энергии в N линий, и среднее сечение головных участков, а коэффициент $k_{0,38}$, определенный по формуле (1.32), умножается на коэффициент k_N , учитывающий неодинаковость длин линий и плотностей тока на головных участках линий, определяемый по формуле:

$$k_N = 1,25 + 0,14 d_p . \quad (1.34)$$

При отсутствии данных о коэффициенте заполнения графика и (или) коэффициенте реактивной мощности принимается $k_3 = 0,3$; $\operatorname{tg} \varphi = 0,6$.

Вопросы и задания

Рассчитать годовые потери электроэнергии в сети напряжением 0,38 кВ сетевой компании. Данные по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети представлены в таблице 1.17. Количество линий напряжением 0,38 кВ равно $500+10 \cdot NB$, где NB – номер варианта. Электроэнергия, отпущенная населению равна $5000+10 \cdot NB$ тыс кВт ч. Суммарная длина магистралей равна $3500+NB$ метров, суммарная длина двух- и трехфазных отпаяк $1000+NB$ метров, суммарная длина однофазных отпаяк $1000+NB$ метров.

Таблица 1.17 –Исходные данные по сети 0, 38 кВ

| Вторая цифра номера варианта | Отпуск в сеть 0,38 кВ, тыс кВт ч | Среднее сечение фазного провода, мм ² |
|------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | $20000+10 \cdot NB$ | 20 |
| 2 | $20500+10 \cdot NB$ | 21 |
| 3 | $21000+10 \cdot NB$ | 22 |
| 4 | $21500+10 \cdot NB$ | 23 |
| 5 | $22000+10 \cdot NB$ | 24 |
| 6 | $22500+10 \cdot NB$ | 25 |
| 7 | $23000+10 \cdot NB$ | 26 |
| 8 | $23500+10 \cdot NB$ | 27 |
| 9 | $24000+10 \cdot NB$ | 28 |
| 0 | $22500+10 \cdot NB$ | 29 |

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Как влияет доля электроэнергии, отпускаемой населению на величину рассчитанных потерь электроэнергии?
2. Как определить длину магистралей при расчете эквивалентной длины?
3. С какой целью выделяют потребление электроэнергии до 1-4 опоры?
4. В каких единицах задается отпуск электрической энергии в линии $W_{0,4}$?
5. Какой объем выборки допускается для оценки потерь электроэнергии по обобщенной информации?
6. Как рассчитать средний отпуск электроэнергии в одну линию?
7. В каких единицах задаются параметры в формуле для расчета потерь электроэнергии по обобщенной информации?

Повышенный уровень

1. Каким образом отбираются подстанции в выборку для оценки потерь электроэнергии?
2. Как проверить правильность задания величин магистралей и отпаяк?
3. Как выделяется магистраль в линии 0,4 кВ?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Методика расчета потерь электроэнергии по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети подробно изложена в [1,7].

Практическое занятие 12

Оценка потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ в зависимости от величины падения напряжения

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ в зависимости от величины падения напряжения.

В результате практического занятия студенты должны освоить методику расчета потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ в зависимости от величины падения напряжения в режиме максимальных нагрузок.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ в зависимости от величины падения напряжения для получения величины нормативных потерь электроэнергии.

Теоретическая часть

Если в сети 0,38 кВ имеется возможность замерить потери напряжения в максимум нагрузки сети от шин ТП до наиболее электрически удаленного электроприемника, то потери электроэнергии в линии напряжением 0,38 кВ (% отпуска электроэнергии в сеть) определяются по формуле [1]:

$$\Delta W_{\%} = 0,7 K_{\text{нер}} \Delta U \frac{\tau}{T_{\text{макс}}}, \quad (1.35)$$

где - ΔU потеря напряжения в максимум нагрузки сети от шин ТП до наиболее электрически удаленного электроприемника, %;

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

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 с данными таблицы 1.18:

Таблица 1.18 – Соотношения $\tau/T_{\text{макс}}$

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

Относительные потери электроэнергии, % в К линиях 0,38 кВ определяются по формуле:

$$\Delta W_{\% \Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta W_{\%}^i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^K I_i}, \quad (1.36)$$

где $\Delta W_{\%}^i$ - относительные потери электроэнергии в i -й линии, определенные по формуле (1.35);

I_i - максимальная нагрузка головного участка i -й линии.

Вопросы и задания

Рассчитать потери электроэнергии для линий 0,38 кВ в зависимости от величины падения напряжения. Информация и результатах замеров напряжений в сети 0,38 кВ представлена в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Результаты замеров напряжений в сети 0,38 кВ

| Кол-во
линий | Напряжение на
шинах центра
питания в фазе, В | | | Напряжение у
наиболее
удаленного
приемника, В | | | Ток в линии, А | | |
|-----------------|--|-----|-----|--|-----|-----|----------------|----|-----|
| | А | В | С | А | В | С | А | В | С |
| 10+NB | 230 | 231 | 228 | 210 | 220 | 215 | 75 | 80 | 100 |
| 20+NB | 230 | 231 | 228 | 190 | 210 | 215 | 60 | 70 | 90 |
| 30+NB | 230 | 231 | 228 | 210 | 200 | 215 | 75 | 70 | 100 |
| 40+NB | 230 | 231 | 228 | 210 | 220 | 215 | 75 | 80 | 100 |
| 50+NB | 230 | 231 | 228 | 220 | 210 | 215 | 80 | 70 | 75 |

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Какие методы расчета переменных технических потерь в сети 0,38 кВ Вам известны ?
2. Чему равно значение коэффициента, устанавливающего связь между потерями напряжения и потерями мощности?
3. Как определяются потери электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1000 В?
4. Какие напряжения используют для расчета потерь напряжения в линии 0,38 кВ?

5. Какие потери напряжения допустимы при эксплуатации сети 0,4 кВ?

Повышенный уровень

1. Как изменяется значение коэффициента несимметрии при выравнивании нагрузок фаз?
2. Каким образом рассчитывается значение потерь электроэнергии для всей сети 0,4 кВ, если известны потери электроэнергии в каждой линии выборки?
3. Как проверить достоверность задания информации при расчете потерь электроэнергии в линиях 0,38 кВ в зависимости от величины падения напряжения?
4. Как определить максимум нагрузки в сети 0,38 кВ?

Список литературы, рекомендуемый к использованию
Основной литературой к данному ПЗ являются [1,7].

Практическое занятие 13

Расчет величины фактических потерь электроэнергии в линиях и подстанциях

Целью занятия является получение навыков расчет величины фактических потерь электроэнергии в линиях и подстанциях.

В результате практического занятия студенты должны освоить способы и правила расчет величины фактических потерь электроэнергии в линиях и подстанциях.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты величины фактических потерь электроэнергии в линиях и подстанциях

Теоретическая часть

Фактические потери электрической энергии в электрических сетях, входящих в Единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть

(далее – ЕНЭС), являются структурной составляющей баланса электрической энергии.

Фактические потери электрической энергии в ЕНЭС определяются на основании данных о поступлении (поставке) электрической энергии в сеть и отпуске электрической энергии из сети, полученных по результатам учета электрической энергии в точках поставки на границах балансовой принадлежности ЕНЭС, а также данных о расходе электрической энергии на производственные нужды.

При отсутствии приборов учета электрической энергии в точках поставки расчет приема в сеть и отдачи из сети электрической энергии производится на основании данных приборов учета, установленных на ближайших к таким точкам объектах электросетевого хозяйства и (или) энергетических установках производителей электрической энергии.

При отсутствии приборов учета электрической энергии на ближайших к точкам поставки объектах электросетевого хозяйства и (или) энергетических установках производителей электрической энергии расчет приема в сеть и отдачи из сети электрической энергии определяется с использованием телеизмерений или регистраторов аварийных событий, установленных на объектах электросетевого хозяйства, входящих в ЕНЭС, а при их отсутствии – на основании суточных ведомостей в соответствии со следующей формулой:

$$W_{\text{пр}} = \sum_{t=1}^T P_{\text{пр}t}, \quad W_{\text{отд}} = \sum_{t=1}^T P_{\text{отд}t}. \quad (1.35)$$

В случае, если точка учета электрической энергии не совпадает с точкой поставки электрической энергии, прием в сеть и отдача из сети электрической энергии в точке поставки определяются по следующей формуле:

$$W_{\text{ТП}} = W_{\text{ТУ}} \pm \Delta W_{\text{Т}}. \quad (1.36)$$

Технические потери электрической энергии в формуле (1.36) включают в себя условно-постоянные и нагрузочные потери электрической энергии.

Схемы возможных мест расстановки приборов учета на присоединениях и формулы для расчета поступления (поставки) в сеть и отпуска из сети представлены в Приложении А.

Поступление (поставка) электрической энергии в сеть ЕНЭС равна сумме поступлений (поставок) с шин станций и подстанций и определяется по формуле:

$$W_{\text{пост}} = \sum_{i=1}^N W_{\text{пост}i} + \sum_{t=1}^L W_{\text{пост}t} . \quad (1.37)$$

Отпуск электрической энергии из сети ЕНЭС равен сумме отпусков электрической энергии с шин станций и подстанций и определяется по формуле:

$$W_{\text{отп}} = \sum_{i=1}^N W_{\text{отп}i} + \sum_{t=1}^L W_{\text{отп}t} . \quad (1.38)$$

Фактические потери электрической энергии определяются по следующей формуле:

$$\Delta W_{\Phi} = W_{\text{пост}} - W_{\text{отп}} - W_{\text{пн}} . \quad (1.39)$$

Относительное значение фактических потерь электрической энергии в ЕНЭС определяется в процентах от отпуска электрической энергии из сети ЕНЭС, по следующей формуле:

$$\Delta W_{\Phi, \%} = \frac{\Delta W_{\Phi}}{W_{\text{отп}}} \cdot 100\% . \quad (1.40)$$

Вопросы и задания

Рассчитать численные значения структурных составляющих баланса электроэнергии и фактические потери электроэнергии в линиях и подстанциях по данным таблицы 1.18 и схемы, представленной на рисунке 1.5.

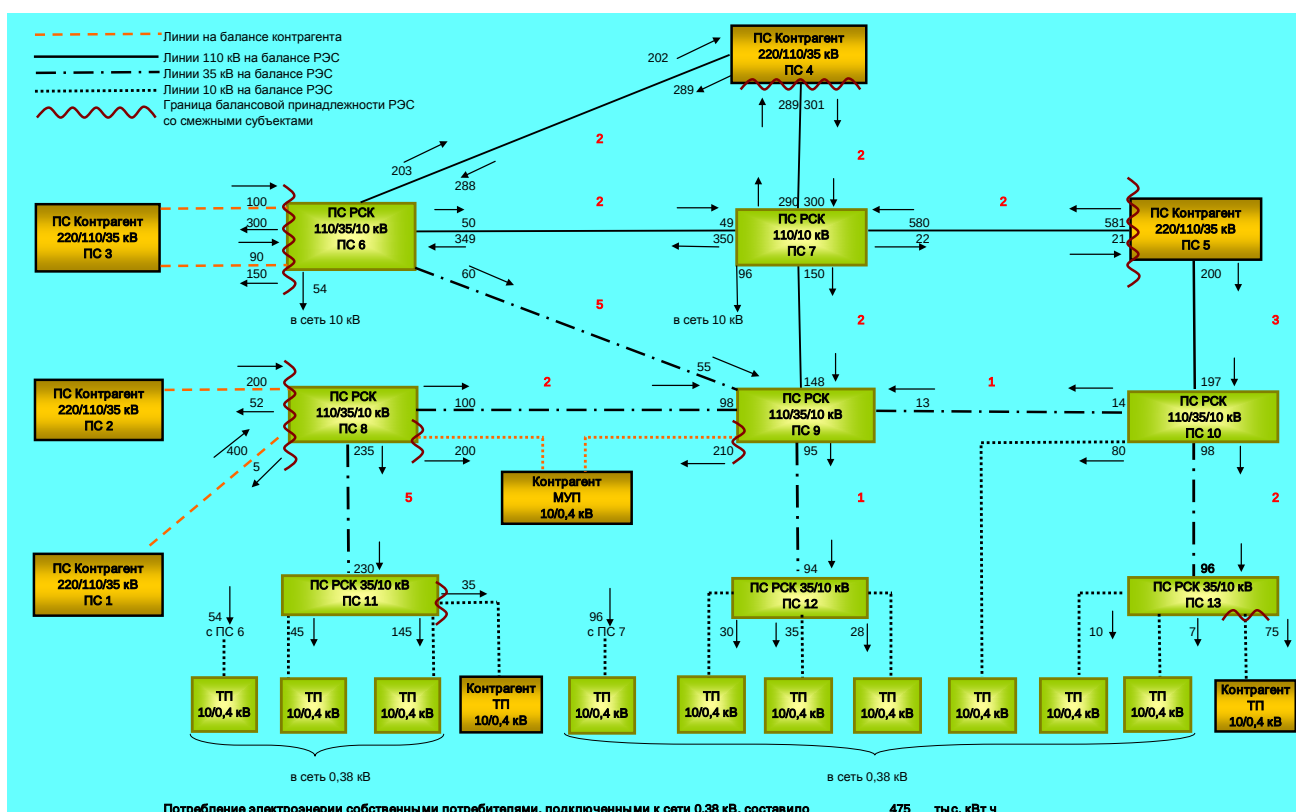


Рисунок 1.5 – Схема исследуемой сети

Таблица 1.18 – Исходные данные

- На балансе предприятия находятся восемь подстанций:
 - ПС №6 110/35/10 кВ; ПС №7 110/10 кВ; ПС №8 110/35/10 кВ;
 - ПС №9 110/35/10 кВ; ПС №10 110/35/10 кВ; ПС №11 35/10 кВ;
 - ПС №12 35/10 кВ; ПС №13 35/10 кВ.
- На балансе предприятия находятся двенадцать линий 110-35 кВ:
 - ВЛ (6-4) 110 кВ; ВЛ (4-7) 110 кВ; ВЛ (6-7) 110 кВ;
 - ВЛ (7-5) 110 кВ; ВЛ (5-10) 110 кВ; ВЛ (7-9) 110 кВ;
 - ВЛ (6-9) 35 кВ; ВЛ (8-9) 35 кВ; ВЛ (9-10) 35 кВ;
 - ВЛ (8-11) 35 кВ; ВЛ (9-11) 35 кВ; ВЛ (10-13) 35 кВ;
- а так же электрическая сеть 10-0,38 кВ.
- Граничные подстанции, по которым выполняется формирование баланса электрической энергии:
 - ПС №4 Контрагента 220/110/35 кВ; ПС №6 РЭС 110/35/10 кВ;
 - ПС №5 Контрагента 220/110/35 кВ; ПС №8 РЭС 110/35/10 кВ.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. На основании какой информации можно выполнить расчет приема в сеть, отдачи из сети и фактических потерь электрической энергии?
2. Каким образом определяется отпуск электрической энергии из сети?
3. Каким образом определяются фактические потери электрической энергии?
4. Каким образом определяется поступление (поставка) электрической энергии в сеть?
5. Каким образом определяется относительное значение фактических потерь электрической энергии в ЕНЭС?
6. Как определить величину фактических потерь электроэнергии в процентах?

Повышенный уровень

1. Какие расчетные способы определения приема и отдачи электрической энергии в точке поставки при отсутствии коммерческого учета Вам известны?
2. На основе какой информации анализируется баланс электрической энергии по электрической сети и подстанциям?
3. Как определяется электроэнергия потребленная энергопринимающими устройствами?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения по определению фактических потерь электрической энергии можно получить в [1,7].

Практическое занятие 14

Подготовка данных для расчета потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии

Целью занятия является получение навыков подготовки исходных данных для расчета потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии

В результате практического занятия студенты должны освоить способы и правила подготовки *исходных данных* для расчета потерь электроэнергии, обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии, которые входят отдельной составляющей в норматив технологических потерь электроэнергии.

Теоретическая часть

Учет полученной и отпущенной ЭЭ является важной частью хозяйственной деятельности любого предприятия. Прежде всего, учет ЭЭ, являющийся промышленной продукцией, необходим для осуществления денежного расчета между ее поставщиками и потребителями. Для рационального и экономичного потребления энергоресурсов требуется правильная и точная организация учета ЭЭ.

При решении задач расчета, анализа, нормирования и снижения потерь ЭЭ в электрических сетях при расчете баланса ЭЭ применяют следующие основные понятия и определения:

1) отпуск ЭЭ в электрическую сеть ЭСО W_{oc} определяемый как разность объемов ЭЭ, поступившей в электрическую сеть, $W_{пост}$ и ЭЭ, отпущенной из сети,

$$W_{omn} = W_{nocm} - W_{omn} . \quad (1.41)$$

Объемы ЭЭ $W_{пост}$ и $W_{отп}$ определяются по показаниям счетчиков коммерческого учета ЭЭ, установленным в точках поставки ЭЭ (на границе балансовой принадлежности электрических сетей ЭСО).

В случае отсутствия счетчиков ЭЭ в точке поставки ЭЭ определяется расчетным путем – суммированием или вычитанием ЭЭ, зафиксированной системой коммерческого учета, расположенного в согласованной между заинтересованными сторонами точке учета и технических потерь ЭЭ в оборудовании, расположенном между точкой поставки и точкой учета.

$$W_{тп} = W_{кcy} \pm \Delta W_T , \quad (1.42)$$

где $W_{тп}$ – ЭЭ в точке поставке,

$W_{кcy}$ – ЭЭ в точке коммерческого учета,

ΔW_T – технические потери ЭЭ в оборудовании, расположенном между точкой поставки и точкой учета.

Фактический небаланс ЭЭ в электрической сети по определению равен коммерческим потерям, отнесенным к отпуску ЭЭ в сеть:

$$HB_{\phi} = (W_{nocm} - W_{omn} - W_n - W_{nn} - \Delta W_m) / W_{oc} . \quad (1.43)$$

Поступление ЭЭ в сеть РСК рассчитывается как сумма поступлений с шин станций и подстанций и определяется по формуле:

$$W_{пост} = \sum_{i=1}^N W_{постi} + \sum_{t=1}^L W_{постt} . \quad (1.44)$$

Отпуск ЭЭ из сети РСК равен сумме отпусков ЭЭ с шин станций и подстанций и определяется по формуле:

$$W_{отп} = \sum_{i=1}^N W_{отпи} + \sum_{t=1}^L W_{отпт} . \quad (1.45)$$

Отпуск ЭЭ в сеть РСК определяется по следующей формуле:

$$W_{oc} = W_{пост} - W_{отп} . \quad (1.46)$$

Пример баланса ЭЭ по классам напряжений за базовый период представлен на рисунке 1.6. Пример прогнозного баланса ЭЭ по классам напряжений на период регулирования. представлен на рисунке 1.7.

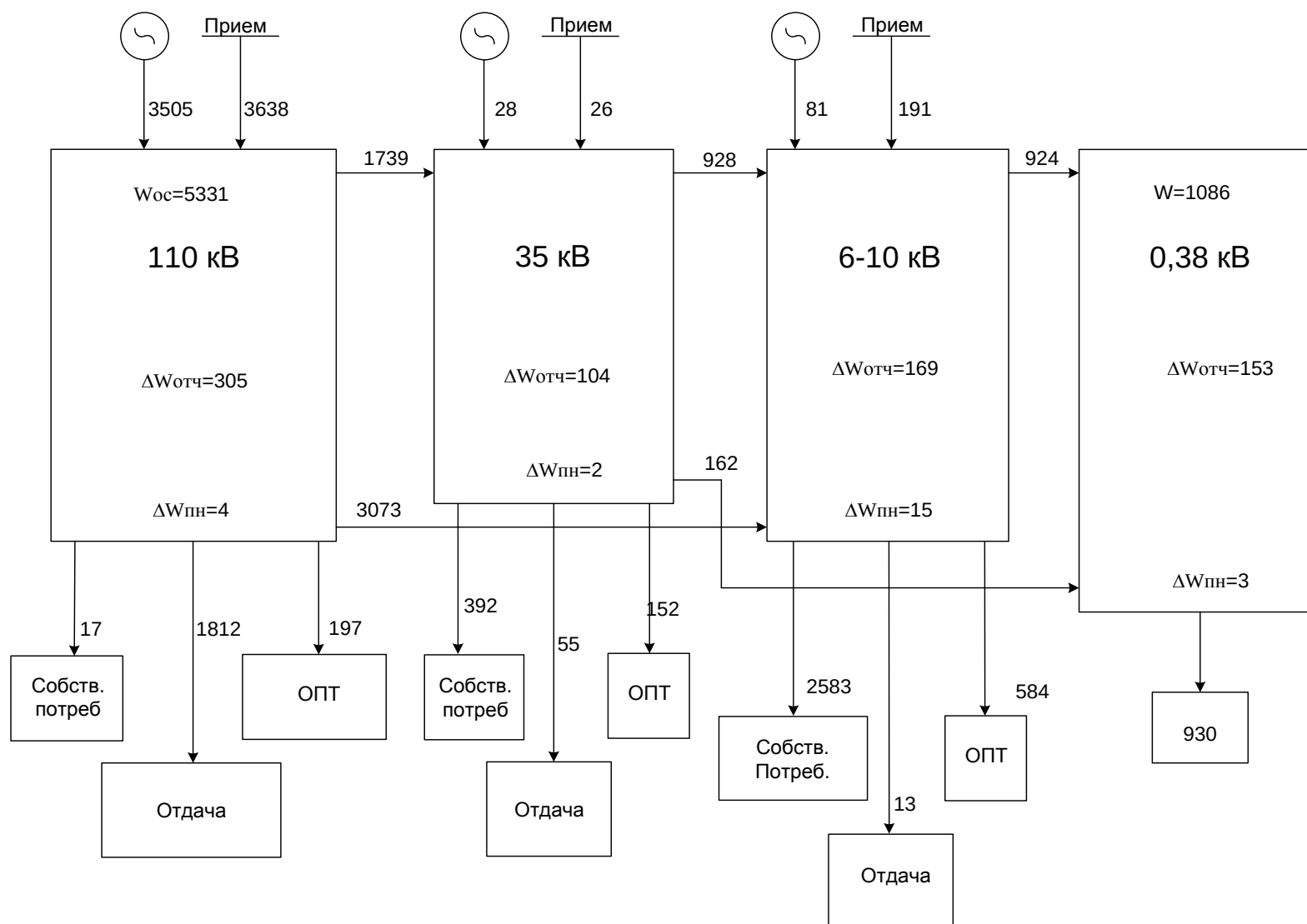


Рисунок 1.6 – Балансы ЭЭ за базовый период

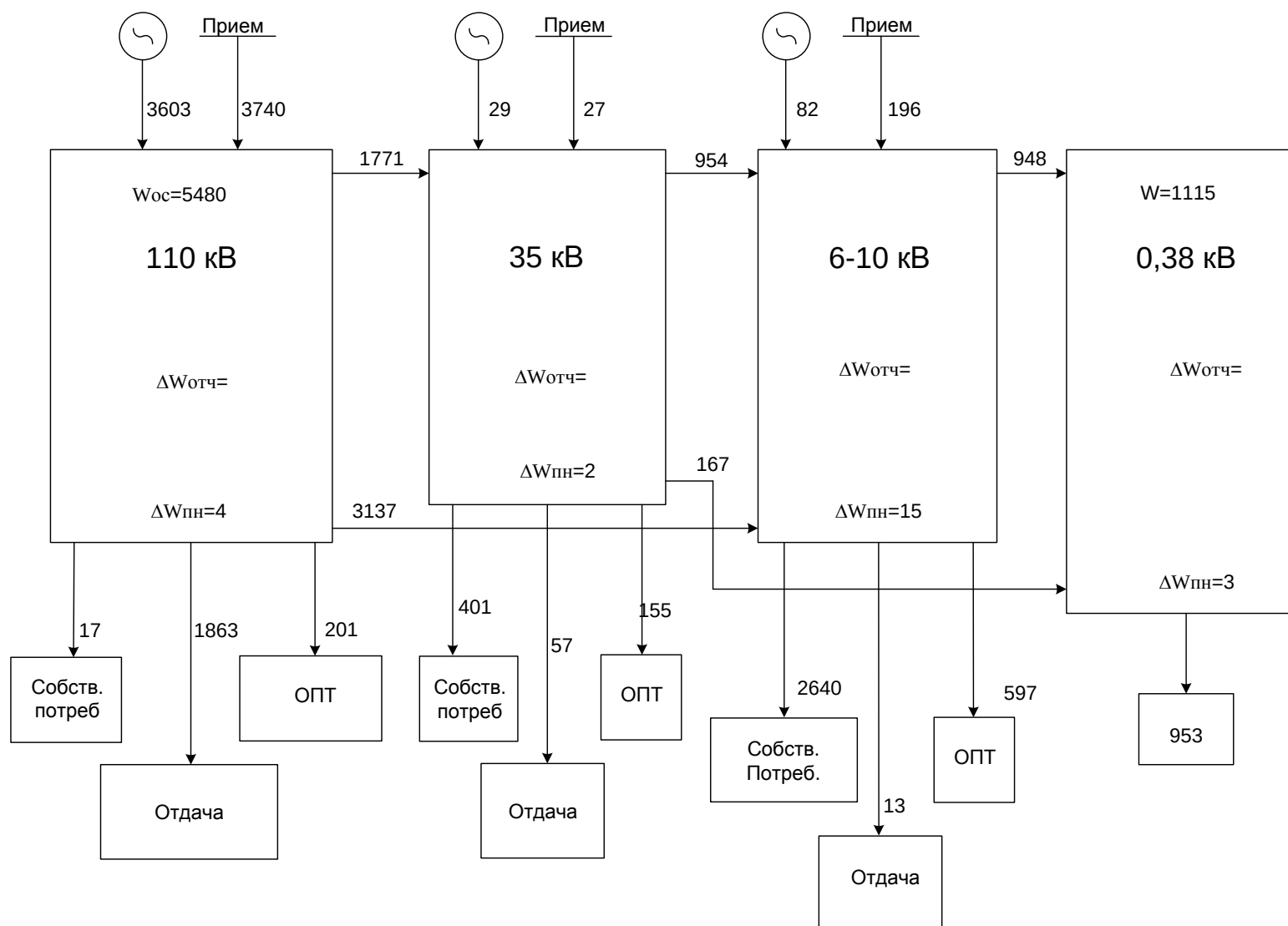


Рисунок 1.7 – Пример баланса ЭЭ на период регулирования.

На основе исходных данных о балансах ЭЭ и характеристик средств учета ЭЭ, необходимо выделить характерные группы учета ЭЭ при поступлении по классам напряжений, данные о которых представлены в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Исходные данные по отпускам ЭЭ в сеть

| Отпуск в сеть | | | | | | |
|---------------|----------------|------------------------|----|----|---------|----------------------------|
| ПЭС | $U_{\text{н}}$ | Количество точек учета | ТН | ТТ | Счетчик | Пропущенная ЭЭ, тыс. кВт ч |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Итого: | | | | | | |

Аналогичные таблицы по потребленной ЭЭ энергопринимающими устройствами и организациями представлены в таблице 1.20.

Таблица 1.20 - Исходные данные по отпускам ЭЭ из сети

| Отпуск из сети | | | | | | |
|----------------|----------------|------------------------|----|----|---------|----------------------------|
| ПЭС | $U_{\text{н}}$ | Количество точек учета | ТН | ТТ | Счетчик | Пропущенная ЭЭ, тыс. кВт ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Итого: | | | | | | |

Вопросы и задания

По данным ПЗ №1-5 построить структурно-балансовую схему за базовый период и на период регулирования с учетом ежегодного роста нагрузки на 4 %.

Вопросы к практическому занятию.

Базовый уровень

1. На основании какой информации можно выполнить расчет приема в сеть, отдачи из сети и фактических потерь электрической энергии?
2. Каким образом определяется отпуск электрической энергии из сети?
3. Каким образом определяются фактические потери электрической энергии?
4. Каким образом определяется поступление (поставка) электрической энергии в сеть?
5. Каким образом определяется относительное значение фактических потерь электрической энергии в ЕНЭС?
6. Перечислите нормативные условия работы элементов измерительного комплекса.
7. К какому отпуску ЭЭ относят потери при их представлении в процентах?
8. От каких параметров зависят погрешности трансформатора тока?
9. От каких параметров зависят погрешности трансформатора напряжения?
10. От каких параметров зависят погрешности счетчиков электроэнергии?

Повышенный уровень

1. Что понимается под фактическим небалансом электроэнергии на объекте?
2. Как рассчитать случайные погрешности системы учета ЭЭ с учетом срока поверки счетчика?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Более подробные сведения по определению фактических потерь электрической энергии можно получить в [10].

Практическое занятие 15

Расчет величины потерь электроэнергии обусловленной погрешностью системы учета электроэнергии

Целью занятия является получение навыков расчета потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии

В результате практического занятия студенты должны освоить методики расчета потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии и методику распределения потерь электроэнергии по уровням напряжения.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии, которые входят отдельной составляющей в норматив технологических потерь электроэнергии.

Теоретическая часть

Под системой учета электроэнергии понимается совокупность измерительных комплексов, обеспечивающих измерение поступления и отпуска электроэнергии из сети и включающих в себя измерительные трансформаторы тока (ТТ), напряжения (ТН), электрические счетчики, соединительные провода и кабели. Измерительные комплексы могут быть объединены в автоматизированную систему учета электроэнергии.

Определение метрологических характеристик конкретного измерительного комплекса проводят в соответствии с РД 34.11.333-97 «Учет электрической энергии и мощности на энергообъектах» типовая методика выполнения измерений количества электрической энергии

Однако при определении структуры потерь по энергоснабжающей организации в целом невозможно ориентироваться на наличие таких данных для сотен и тысяч точек учета и приходится использовать усредненную оценку их возможных погрешностей. Изложенная ниже методика такой оценки применима к

большим объектам (АО-энерго, ПЭС, РЭС и городским сетям), в меньшей степени к подстанциям и практически неприменима к конкретным точкам учета.

Относительные потери электроэнергии (%), обусловленные допустимой погрешностью системы учета электроэнергии ($\delta_{ногр.Б}$), определяются как предельное значение величины допустимого небаланса электроэнергии в целом по ЭСО с учетом данных за базовый период.

$$\delta_{ногр.Б} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 \cdot d_i^2 + \sum_{j=1}^m \delta_j^2 \cdot d_j^2 + \frac{\delta_3^2}{k_3} \cdot d_3^2 + \frac{\delta_1^2}{k_1} \cdot d_1^2},$$

- где δ_i (δ_j) - погрешность измерительного канала поступившей (отпущенной) активной электроэнергии по ЭСО;
- d_i (d_j) - доля поступившей (отпущенной) активной электроэнергии от поступления в целом по ЭСО;
- n - количество точек учета, фиксирующих поступление электроэнергии;
- m - количество точек учета, фиксирующих отпуск электроэнергии крупным потребителям;
- k_3 - количество точек учета 3 фазных потребителей;
- k_1 - количество точек учета 1 фазных потребителей;
- d_3 - суммарная доля потребления электроэнергии 3 фазными потребителями (за минусом, учтенных в «т») от суммарного поступления электроэнергии в сеть ЭСО;
- d_1 - суммарная доля потребления электроэнергии 1 фазными потребителями (за минусом, учтенных в «т») от суммарного поступления электроэнергии в сеть ЭСО.

А
бсолютные
потери
электроэнергии,
обусловленные
допустимой
погрешностью

ью системы учета электроэнергии в базовом периоде равны:

$$\Delta W_{ногр.Б} = \frac{\delta_{ногр.Б} \cdot W_{ном.Б}}{100},$$

где $W_{\text{пост.Б}}$ - поступление электроэнергии в сеть в целом по ЭСО за базовый период.

Погрешность измерительного канала активной электроэнергии определяется по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{сч}}^2 + \delta_{\text{ТТ}}^2 + \delta_{\text{ТН}}^2 + \delta_{\text{Л}}^2},$$

где $\delta_{\text{сч}}$, $\delta_{\text{ТТ}}$ - основные допустимые погрешности счетчиков, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения при нормальных условиях (принимаются по значению классов точности), %;

$\delta_{\text{Л}}$ - предел допустимых потерь напряжения в линиях присоединения счетчиков к ТН, %.

Потери электроэнергии, обусловленные допустимой погрешностью системы учета электроэнергии, по классам напряжения распределяются пропорционально поступлению электроэнергии в сеть этих классов напряжения как в базовом, так и в регулируемом периодах.

1. Расход электроэнергии на собственные нужды определяется в соответствии с приборами учета. Номенклатура включает расход электроэнергии на следующие цели:

охлаждение трансформаторов и автотрансформаторов;

обогрев, освещение и вентиляцию помещений (ОПУ, ЗРУ, ОВБ аккумуляторной, компрессорной, насосной пожаротушения, здание вспомогательных устройств синхронных компенсаторов, проходной);

освещение территории;

зарядно-подзарядные устройства аккумуляторных батарей;

питание оперативных цепей и цепей управления (на подстанциях с переменным оперативным током);

обогрев ячеек КРУН (с аппаратурой релейной защиты и автоматики, счетчиками или выключателями) и релейных шкафов наружной установки;

обогрев приводов и баков масляных выключателей;
 обогрев приводов отделителей и короткозамыкателей;
 обогрев приводов и маслобаков переключающих устройств РПН;
 обогрев электродвигательных приводов разъединителей;
 обогрев электросчетчиков в неотапливаемых помещениях;
 обогрев агрегатных шкафов и шкафов управления воздушных выключателей;
 питание компрессоров;
 обогрев воздухохранилищ;
 вспомогательные устройства синхронных компенсаторов (масляные, циркуляционные и дренажные насосы, задвижки, автоматика);
 электропитание аппаратуры связи и телемеханики;
 небольшие по объему ремонтные работы, выполняемые в процессе эксплуатации;
 прочие: дренажные насосные, устройства РПН, дистилляторы, мелкие станки и приспособления и т.д.

К расходу электроэнергии на собственные нужды подстанций относится также расход электроэнергии на электроприемники, наличие которых обусловлено спецификой эксплуатации оборудования подстанций: кондиционирование помещения щита управления (жаркая климатическая зона), обогрев дорожек к оборудованию на открытой части подстанции (в районах с обильными снегопадами) и т.п.

В состав электроприемников собственных нужд подстанций не должны включаться потребители электроэнергии на хозяйственные нужды.

Вопросы и задания

По данным практического занятия № 17 рассчитать потери электроэнергии, обусловленные погрешностью системы учета электроэнергии и разделить ее по уровням напряжения.

Рассчитать погрешности каналов измерения ЭЭ, приняв данные по точности элементов систем учета электроэнергии по таблице 1.21.

Таблице 1.21. – Данные по точности элементов систем учета электроэнергии

| № системы учета ЭЭ | Класс точности ТТ | Класс точности ТН | Класс точности счетчика ЭЭ | Количество точек учета ЭЭ/ном. напряжение |
|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---|
| 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1/110 |
| 2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 20/10 |
| 3 | 0,5 | 0,5 | 2,0 | $(200+NB)/6$ |
| 4 | 0,5 | - | 0,5 | $(100+NB)/0,4$ |
| 5 | | - | 2,0 | $(1000+NB)/0,4$ |
| 6 | - | - | 2,5 | $(50+NB)/0,4$ |

Рассчитать суммарную величину потерь ЭЭ, обусловленных погрешностью системы учета ЭЭ.

Распределить суммарную величину потерь электроэнергии, обусловленных погрешностью системы учета электроэнергии на уровнях напряжения

Рассчитать значение потерь, обусловленных погрешностью системы учета электроэнергии на уровнях напряжения в процентах.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Как подключается счетчик электроэнергии в сетях напряжением до 1000 В и выше 1000 В?
2. Как определяется предельная погрешность измерительного комплекса электроэнергии?
3. Какие факторы приводят к увеличению погрешности измерительного комплекса?
4. Объясните причины возникновения погрешностей трансформаторов тока.
5. От каких факторов зависит погрешность трансформаторов тока?
6. Как нормируется предельная погрешность трансформаторов тока?
7. Объясните причины возникновения погрешностей трансформаторов напряжения.
8. От каких факторов зависит погрешность трансформаторов напряжения?
9. Почему необходимо ограничивать потери напряжения в соединительных проводах от трансформатора напряжения до счетчика электроэнергии?

10. Какие элементы вносят основные наиболее значимые погрешности в измерительные комплексы по учету электроэнергии?
12. Как рассчитывается результирующая случайная погрешность измерительного комплекса по учету электроэнергии?
13. Как рассчитываются потери, обусловленные погрешностью системы учета электроэнергии?

Повышенный уровень

1. Как распределяются суммарные потери, обусловленные погрешностями системы учета электроэнергии по классам напряжений?
2. От каких параметров зависят погрешности счетчиков электроэнергии?
3. Какие причины приводят к искажению значений потребленной электроэнергии?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Основной литературой к данному ПЗ являются [1,7].

Практическое занятие 16

Определение потерь электроэнергии холостого хода силовых трансформаторов

Целью занятия является получение навыков определения потерь электроэнергии холостого хода силовых трансформаторов.

В результате практического занятия студенты должны освоить способы определения потерь электроэнергии холостого хода силовых трансформаторов.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты условно-постоянных потерь электроэнергии, как одной из составляющих норматива технологических потерь электроэнергии.

Теоретическая часть

Потери электроэнергии холостого хода (далее – ХХ) в силовом трансформаторе (автотрансформаторе) определяются на основе приведенных в паспортных данных оборудования потерь мощности холостого хода ΔP_x , по формуле:

$$\Delta W_x = \Delta P_x \sum_{i=1}^m T_{pi} \left(\frac{U_i}{U_{ном}} \right)^2, \quad \text{кВт.ч,} \quad (1.47)$$

где T_{pi} - число часов работы трансформатора (автотрансформатора) в i -м режиме, ч;

U_i - напряжение на высшей стороне трансформатора (автотрансформатора) в i -м режиме, кВ;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение высшей обмотки трансформатора (автотрансформатора), кВ.

Напряжение на трансформаторе (автотрансформаторе) определяется с помощью измерений или с помощью расчета установившегося режима сети в соответствии с законами электротехники.

Допускается для силовых трансформаторов (автотрансформаторов) потери мощности ХХ определять с учетом их технического состояния и срока службы путем измерений этих потерь методами, применяемыми на заводах–изготовителях при установлении паспортных данных трансформаторов (автотрансформаторов). При этом в обосновывающие материалы целесообразно включать официально заверенные в установленном порядке протоколы измерений потерь мощности ХХ.

Вопросы и задания

Базовый уровень

Рассчитать потери электроэнергии холостого хода трансформаторов за год

Вопросы к практическому занятию.

1. Каким образом определяется напряжение на высшей стороне трансформатора?
2. Сколько режимов целесообразно рассмотреть при определении потерь холостого хода трансформаторов?

3. Допускается ли потери мощности XX определять с учетом технического состояния и срока службы трансформатора?

Повышенный уровень

1. Как измерить потери мощности холостого хода силового трансформатора?
2. На сколько могут отличаться паспортные и реальные потери холостого хода силовых трансформаторов?
3. Как рассчитать среднеэксплуатационное напряжение на высокой стороне силового трансформатора?

Список литературы, рекомендуемый к использованию
Основной литературой к данному ПЗ являются [1,4,5].

Практическое занятие 17

Расчеты условно-постоянных потерь в элементах электрической сети

Целью занятия является получение навыков расчета условно-постоянных потерь в элементах электрической сети.

В результате практического занятия студенты должны освоить способы расчета условно-постоянных потерь в элементах электрической сети (ТТ, ТН, системах учета электроэнергии, СППС и т.д.)

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет выполнять расчеты условно-постоянных потерь в элементах электрической сети .

Теоретическая часть

Согласно [1] условно-постоянные потери включают в себя:

- потери на холостой ход силовых трансформаторов (автотрансформаторов);
- потери на корону в воздушных линиях (далее – ВЛ) 110 кВ и выше;
- потери в компенсирующих устройствах (далее – КУ) (синхронных компенсаторах, батареях статических конденсаторов,

статических тиристорных компенсаторов), шунтирующих реакторах (далее – ШР), соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств подстанций (далее – СППС);

- потери в системе учета электроэнергии (ТТ, ТН, счетчиках и соединительных проводах);
- потери в вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжения
- и в устройствах присоединений высокочастотной связи (далее - ВЧ связи);
- потери в изоляции кабелей;
- потери от токов утечки по изоляторам ВЛ;
- расход электроэнергии на собственные нужды подстанций и на плавку гололеда.

Потери электроэнергии в ШР определяются на основе данных таблиц [1].

Потери электроэнергии в синхронном компенсаторе (далее - СК) или генераторе, переведенном в режим СК, определяются по формуле:

$$\Delta W_{ск} = (0,4 + 0,1\beta_Q^2) \Delta P_{ном} \cdot T_p, \quad (1.50)$$

где β_Q - коэффициент максимальной нагрузки СК в расчетном периоде;
 $\Delta P_{ном}$ - потери мощности в режиме номинальной загрузки СК в соответствии с паспортными данными.

Допускается определять потери в СК на основе данных [1].

Потери электроэнергии в статических компенсирующих устройствах – батареях статических конденсаторов (далее - БК) и статических тиристорных компенсаторах (далее - СТК) – определяются по формуле:

$$\Delta W_{ку} = \Delta p_{ку} S_{ку} T_p, \quad (1.51)$$

где $\Delta P_{ку}$ - удельные потери мощности в соответствии с паспортными данными КУ;
 $S_{ку}$ - мощность КУ (для СТК принимается по емкостной

составляющей).

При отсутствии паспортных данных значение ΔP_{KV} принимаются равным: для БК - 0,003 кВт/квар, для СТК - 0,006 кВт/квар.

Потери электроэнергии в вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжений, устройствах присоединения ВЧ связи, измерительных трансформаторах напряжения, электрических счетчиках 0,22–0,66 кВ принимаются в соответствии с данными заводов-изготовителей оборудования. При отсутствии данных завода-изготовителя расчетные потери принимаются в соответствии с [1].

Потери электроэнергии в ТТ напряжением 0,4 кВ принимаются равными 0,05 тыс. кВт·ч/год.

Потери электроэнергии в электрических счетчиках 0,22–0,66 кВ принимаются в соответствии со следующими данными, кВт·ч в год на один счетчик:

- однофазный, индукционный – 18,4;
- трехфазный, индукционный – 92,0;
- однофазный, электронный – 21,9;
- трехфазный, электронный – 73,6.

Потери электроэнергии на корону определяются на основе данных об удельных потерях мощности [1] и о продолжительностях видов погоды в течение расчетного периода. При этом к периодам хорошей погоды (для целей расчета потерь на корону) относят погоду с влажностью менее 100 % и гололед; к периодам влажной погоды – дождь, мокрый снег, туман.

При отсутствии данных о продолжительностях видов погоды в течение расчетного периода потери электроэнергии на корону определяются по таблице [1] в зависимости от региона расположения линии.

Влияние рабочего напряжения линии на потери на корону учитывается, умножая данные, приведенные в таблицах 1.7 и 1.8 [1], на коэффициент, определяемый по формуле 4:

$$K_{U_{кор}} = 6,88 U_{отн}^2 - 5,88 U_{отн}, \quad (1.52)$$

где $U_{отн}$ - отношение рабочего напряжения линии к его

номинальному значению.

Потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам воздушных линий определяются на основе данных об удельных потерях мощности, приведенных в [5] и о продолжительностях видов погоды в течение расчетного периода.

По влиянию на токи утечки виды погоды должны объединяться в 3 группы: 1 группа – хорошая погода с влажностью менее 90 %, сухой снег, изморозь, гололед; 2 группа – дождь, мокрый снег, роса, хорошая погода с влажностью 90 % и более; 3 группа – туман.

При отсутствии данных о продолжительностях различных погодных условий годовые потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам ВЛ принимаются по данным [1].

Расход электроэнергии на плавку гололеда определяется на основе приборов учета, установленных на устройствах плавки гололеда. При отсутствии таких приборов учета допускается использование данных таблицы 1.12 [1] в зависимости от района расположения ВЛ по гололеду.

Потери электроэнергии в изоляции силовых кабелей принимаются в соответствии с данными заводов-изготовителей оборудования.

Вопросы и задания

Рассчитать условно постоянные потери электроэнергии приняв, что в сети, рассмотренной в ПЗ №1 и №4, дополнительно работает оборудование, представленное в таблице 1.21. Величина собственных нужд ПС равна 3 % от электроэнергии отпущенной в сети соответствующего напряжения. Величину потерь холостого хода трансформаторов и количество ПС принять по данным ПЗ 12.

Таблица 1.21 – Состав оборудования для расчета условно-постоянных потерь

| U, кВ | Длина | Сечение | Кол-во | Кол-во | Кол-во | Кол-во |
|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|
|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|

| | ВЛ,
км | провода,
мм ² | ТТ | ТН | БСК | реакторов |
|--------|-------------|-----------------------------|-----------|-------|-----|-----------|
| 110 | ПЗ №1 | 185 | 100+10*NВ | 10+NB | 2 | - |
| 35 | 4000+
NB | 70 | 100+10*NВ | 10+NB | 3 | - |
| 6 - 10 | ПЗ №4 | ПЗ №4 | 100+10*NВ | 10+NB | 20 | 5 |
| 0,4 | 50000 | 120 | 50+10*NВ | 10+NB | 10 | - |

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Какие составляющие условно-постоянных потерь электроэнергии Вам известны?
3. От чего и как зависят потери электроэнергии в линиях электропередачи на корону?
4. Как определить потери электроэнергии в БСК, СК и шунтирующих реакторах?
5. Как определить потери электроэнергии в ТН, ТТ и счетчиках электроэнергии?
6. Как определяется расход электроэнергии на собственные нужды подстанций?

Повышенный уровень

1. Какова причина потерь активной электроэнергии в статических компенсирующих устройствах?
2. Какие способы расчета потерь электроэнергии на корону Вам известны?
3. Как определить продолжительностях видов погоды в течение расчетного периода?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Основной литературой к данному ПЗ являются [1,7].

Практическое занятие 18

Определение потерь норматива потерь технологических электроэнергии на период регулирования

Целью занятия является получение навыков определения потерь норматива потерь технологических электроэнергии на период регулирования.

В результате практического занятия студенты должны освоить получение навыков определения потерь норматива потерь технологических электроэнергии на период регулирования.

Актуальность практического занятия обусловлена необходимостью освоения компетенций ПК-3, которая позволяет рассчитывать величину норматива технологических потерь электроэнергии на период регулирования.

Теоретическая часть

Нормативы технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям должны рассчитываться за базовый (отчетный год, предшествующий году расчета) и на регулируемый периоды соответственно по фактическим и прогнозным показателям баланса электроэнергии ЭСО.

Нормативы технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям на регулируемый период определяются в зависимости от фактического значения НТПЭ за базовый период и суммарных показателей баланса электроэнергии за базовый и на регулируемый периоды.

Нормативы технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям рассчитываются отдельно по составляющим: условно-постоянным, нагрузочным и потерям, обусловленным погрешностью системы учета.

Нормативы условно-постоянных потерь электроэнергии (ΔW_{y-p}) принимаются по результатам их расчетов за базовый период и корректируются в соответствии с изменением состава оборудования и протяженности линий на регулируемый период.

Нагрузочные потери электроэнергии на регулируемый период определяются по формуле:

$$\Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{ос.р}}{W_{ос.б}} \right)^2, \quad (1.48)$$

где $\Delta W_{н.б}$, $\Delta W_{н.р}$ - нагрузочные потери электроэнергии за базовый и на регулируемый периоды;

$W_{ос.б}$, $W_{ос.р}$ - отпуск электроэнергии в сеть в базовом и регулируемом периодах (для федеральной сетевой компании и межрегиональных магистральных сетевых компаний – отпуск электроэнергии из сети своей компании).

Потери электроэнергии, обусловленные допустимой погрешностью системы учета электроэнергии ($\Delta W_{ногр.б}$), принимаются по результату их расчета за базовый период. Нормативы технологических потерь по абсолютной величине ($\Delta W_{НТПЭ.р}$) на регулируемый период определяются:

$$\Delta W_{НТПЭ.р} = \Delta W_{у-н.р} + \Delta W_{н.р} + \Delta W_{ногр.б}, \quad (1.49)$$

где $\Delta W_{у-н.р}$ - условно-постоянные потери электроэнергии на регулируемый период.

Нормативные технологические потери электроэнергии в целом по ЭСО на регулируемый период определяются в процентах по отношению к величине прогнозируемого отпуска электроэнергии в сеть (для федеральной сетевой компании и межрегиональных магистральных сетевых компаний – к отпуску электроэнергии из сети своей компании):

$$\Delta W_{НТПЭ.р} \% = \frac{\Delta W_{НТПЭ.р}}{W_{ос.р}} \cdot 100\% . \quad (1.50)$$

Распределение нормативных технологических потерь электроэнергии на регулируемый период по классам напряжения производится в пределах полученного суммарного их значения при следующих допущениях:

- относительные приросты поступлений электроэнергии в сеть на каждом классе напряжения на регулируемый период принимаются одинаковыми с приростом отпуска электроэнергии в сеть в целом по ЭСО;
- доли поступления электроэнергии в сеть каждого класса напряжения в процентах от общего ее поступления в базовом и регулируемом периодах принимаются одинаковыми.

Распределение нормативных технологических потерь электроэнергии в сетях по классам напряжения осуществляется в следующем порядке:

В базовом периоде:

- определяется на каждом классе напряжения сети общее поступление электроэнергии с учетом ее трансформации из сетей высших классов напряжения;
- определяется суммарное поступление электроэнергии в целом по ЭСО (с учетом трансформации);
- определяется величина поступления электроэнергии в сеть каждого класса напряжения в процентах по отношению к общей величине поступления в базовом периоде.

В регулируемом периоде:

- определяется суммарная величина поступления электроэнергии в сеть (с учетом трансформации) на регулируемый период в соответствии с заданным приростом отпуска электроэнергии в сеть (сальдированного);
- определяется величина поступления электроэнергии в сеть на регулируемый период по классам напряжения в соответствии с их долей в базовом периоде;
- определяется величина отпуска электроэнергии в сеть на регулируемый период по классам напряжения;
- определяется величина нагрузочных потерь электроэнергии на каждом классе напряжения в соответствии с формулой (1.48);
- определяются суммарные технологические потери электроэнергии на каждом классе напряжения в абсолютной величине по формуле (1.49);
- определяются нормативные потери электроэнергии на каждом классе напряжения в процентах по отношению к отпуску электроэнергии в сеть данного класса напряжения по формуле:

$$\Delta W_{НТПЭ.Р} \% = \frac{\Delta W_{НТПЭ.Р}}{W_{ОС.Р}} \cdot 100\% , \quad (1.51)$$

где $\Delta W_{НТПЭ.Р}$ - величина технологических потерь электроэнергии на данном классе напряжения;

$W_{ОС.Р}$ - отпуск электроэнергии в сеть данного класса напряжения (для федеральной сетевой компании и межрегиональных магистральных сетевых компаний – к отпуску электроэнергии из сети своей компании).

В исключительных случаях возможна корректировка нормативов потерь электроэнергии при значительном изменении составляющих баланса электроэнергии.

Нормативные потери электроэнергии ($\Delta W_{НПЭ.Р\%}$) на каждый год регулируемого периода вычисляются по формуле:

$$\Delta W_{НПЭ.Р \%} = \frac{\Delta W_{НПЭ.Р}}{W_{ОС.Р}} \cdot 100\% , \quad (1.52)$$

где $\Delta W_{НПЭ.Р}$ - абсолютная величина нормативных потерь электроэнергии на регулируемый период (млн. кВт·ч);

$W_{ОС.Р}$ - отпуск электроэнергии в сеть на регулируемый период ЭСО (для федеральной сетевой компании и межрегиональных магистральных сетевых компаний - отпуск электроэнергии из сети своей компании);

Вопросы и задания

Рассчитать значение норматива потерь электроэнергии на прогнозируемый период по результатам расчета заданий №2 и №4, если ежегодный прирост электроэнергии отпущенной в сеть составляет 1,0 % +0,01 *NB.

Вопросы к практическому занятию

Базовый уровень

1. Что является целью нормирования потерь электроэнергии?
2. Какие составляющие включает в себя норматив технологических потерь электроэнергии?

3. Как определить нагрузочных потерь электроэнергии на регулируемый период, если известны нагрузочные потери за базовый период?

5. В каких единицах утверждается норматив технологических потерь электроэнергии?

Повышенный уровень

1. Каков порядок утверждения норматива потерь электроэнергии?
2. Какова номенклатура элементов расхода электрической энергии на производственные нужды подстанций с учетом хозяйственных?

Список литературы, рекомендуемый к использованию

Основной литературой к данному ПЗ являются [1,7].

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии : Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. - М. : ЭНАС, 2009. - 456 с.
2. Арутюнян, А. А. Основы энергосбережения : методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А. А. Арутюнян. - Москва : Энергосервис, 2007. - 593 с.
3. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях : [практ. пособие] / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - М. : НЦ ЭНАС, 2006. - 280 с.
4. Железко, Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях : Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 176 с.
5. Хамидов, А. Х. Потери электроэнергии в низковольтных сетях : Разработка уточненных и доступных методов расчета потерь, рекомендации по их уменьшению / А. Х. Хамидов, Н. Г. Ганиходжаев. - Ташкент : Узбекистан, 1984. - 159 с.
6. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / [В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.] ; под ред. В.Н. Казанцева. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 366 с.
7. Степанов А.С., Кононов Ю.Г., Пейзель В.М. Методы расчета потерь энергии в электрических сетях. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. - 131 с.
8. Потери электроэнергии при ее транспортировке по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие для вузов / Г.В. Шведов, О.В. Сипачева, О.В. Савченко; под ред. Ю.С. Железко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 424 с.
9. Воротницкий В.Э., Калинин М.А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях, М.: Изд-во ЭНАС, 2000. – 64 с.
10. Осика, Л. К. Коммерческий и технический учет электрической энергии на оптовом и розничном рынках: Теория и практические рекомендации [Текст] / Л. К. Осика. – СПб. : Политехника, 2005. – 360 с.
11. Мероприятия по сокращению потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях (в примерах и иллюстрациях): учебное пособие / Г.В. Шведов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 52 с.
12. «Инструкции об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» Утверждена Приказ Минэнерго РФ от 30.12.2008 №326 (в ред. Приказа Минэнерго РФ от 01.02.2010).
13. И 34–7-030–87. Инструкция по расчету и анализу технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. И 34-70-030-87 / Минэнерго СССР. -М.: СПО СОЮЗТЕХЭНЕРГО, 1987. - 35 с.
14. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-н/Д.:Феникс: Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
15. . Инструкция по снижению технологического расхода энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений (И 34-70-028-86).-М.: СПО Союзтехэнерго, 1987.-83 с.
16. . Приказ министерства энергетики РФ от 7 августа 2014 г. №506 «Об утверждении Методики определения нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям» Зарегистрировано в Минюсте России 17 сентября 2014 г. N 34075, 8.

Таблица А.1 - Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 110 кВ

| Тип | $S_{\text{ном}}$,
МВ·А | Пределы
регулиро-
вания | Каталожные данные | | | | | | Расчетные
данные | | |
|---|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------|------------------------|
| | | | $U_{\text{ном}}$
обмоток, кВ | | u_k ,
% | ΔP_k ,
кВт | ΔP_x ,
кВт | I_x ,
% | R_T ,
Ом | X_T ,
Ом | ΔQ_x ,
квар |
| | | | ВН | НН | | | | | | | |
| ТМН-
2500/110 | 2,5 | +
10х1,5%
-8х1,5% | 110 | 6,6; 11 | 10,5 | 22 | 5,5 | 1,5 | 42,6 | 508,
2 | 37,5 |
| ТМН-
6300/110 | 6,3 | +9х1,78
% | 115 | 6,6; 11 | 10,5 | 44 | 11,5 | 0,8 | 14,7 | 220,
4 | 50,4 |
| ТДН-
10000/110 | 10 | +9*1,78
% | 115 | 6,6; 11 | 10,5 | 60 | 14 | 0,7 | 7,95 | 139 | 70 |
| ТДН-
16000/110 | 16 | +9х1,78
% | 115 | 6,6; 11;
34,5 | 10,5 | 85 | 19 | 0,7 | 4,38 | 86,7 | 112 |
| 1ТДН-
25000/110
(ТРДНФ-
25000/110) | 25 | +9х1,78
% | 115 | 6,3-6,3;
6,3-
10,5;
10,5-
10,5 | 10,5 | 120 | 27 | 0,7 | 2,54 | 55,9 | 175 |
| ТДНЖ-
25000/110 | 25 | +9х1,78
% | 115 | 27,5 | 10,5 | 120 | 30 | 0,7 | 2,5 | 53,5 | 175 |
| ТД-
40000/110 | 40 | +2х2,5 % | 121 | 3,15;
6,3;
10,5 | 10,5 | 160 | 50 | 0,65 | 1,46 | 48,4 | 260 |
| ТРДН-
40000/110 | 40 | ± 9 х1,78
% | 115 | 6,3-6,3;
6,3-
10,5;
10,5-
10,5 | 10,5 | 172 | 36 | 0,65 | 1,4 | 34,7 | 260 |

Продолжение приложения А

Расчетные данные ВЛ 35-150 кВ со сталеалюминиевыми проводами

| Номинальное
сечение, мм ²
(алюминий/сталь) | r ₀ ,
Ом/км
При 20°
С | 150 кВ | | 110 кВ | | 35 кВ |
|---|---|---------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|
| | | x ₀ ,
Ом/км | b ₀
10 ⁻⁶
См/км | x ₀ ,
Ом/км | b ₀
10 ⁻⁶
См/км | x ₀ ,
Ом/км |
| 70/11 | 0,422 | - | - | 0,444 | 2,547 | 0,432 |
| 95/16 | 0,301 | - | | 0,434 | 2,611 | 0,421 |
| 120/19 | 0,244 | 0,441 | 2,565 | 0,427 | 2,658 | 0,414 |
| 150/24 | 0,204 | 0,434 | 2,611 | 0,420 | 2,707 | 0,406 |
| 185/29 | 0,159 | 0,429 | 2,645 | 0,413 | 2,747 | - |
| 240/32 | 0,118 | 0,420 | 2,702 | 0,405 | 2,808 | - |

Примечания.

1. Зарядная мощность b₀ подсчитана для ВЛ 110-330 кВ по среднеэксплуатационному напряжению 1,05 U_{ном}.

Приложение А

Варианты расчета поступления (поставки) электрической энергии в сеть и отпуска электрической энергии из сети

В приложении использованы следующие сокращения:

ВЛ – воздушная линия электропередачи

КЛ – кабельная линия электропередачи

РЭС – распределительные электрические сети

ПС ЕНЭС (РЭС) – подстанции, принадлежащие соответственно ЕНЭС и РЭС

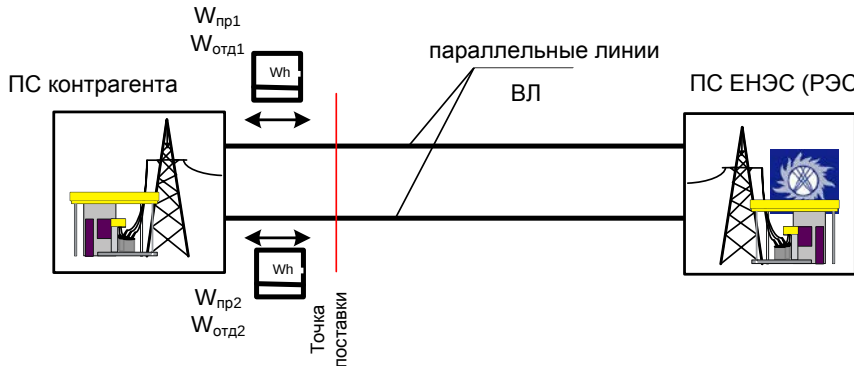
ТСН – трансформатор собственных нужд

ПС контрагента – подстанции, не принадлежащие ЕНЭС и РЭС

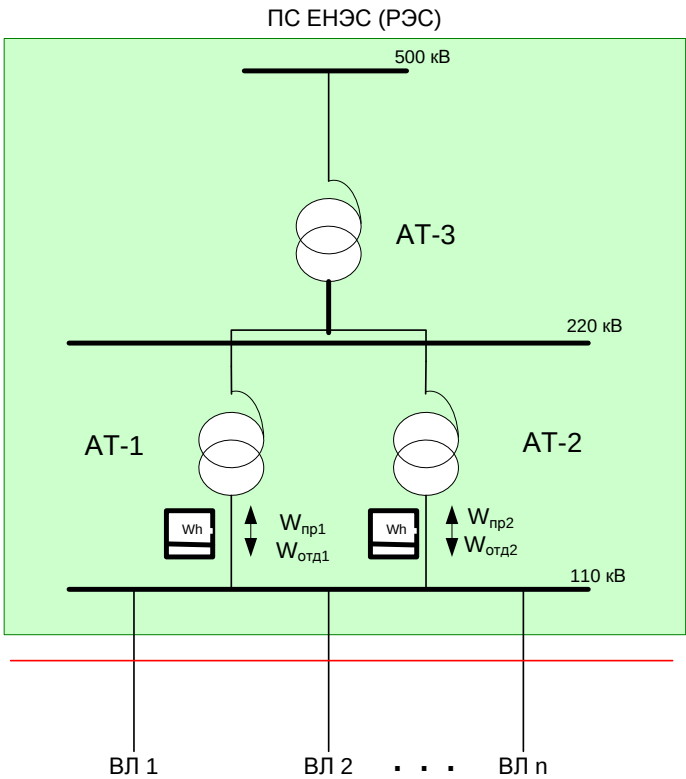
1. Варианты расчета поступления (поставки) в сеть и отпуска из сети

| | | |
|------------|--|---|
| 1.1 | Наименование объекта | |
| | Электростанция | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы | |
| | Точка учета | |
| | На параллельных отходящих линиях | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| ЕНЭС (РЭС) | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Прием | | Отдача |
| | $W_{отд1}, W_{отд2} \dots W_{отдn}, W_{отдn+1}$ | $W_{пр1}, W_{пр2} \dots W_{прn}, W_{прn+1}$ |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети |
| | $W_{пост} = W_{отд1} + W_{отд2} + \dots + W_{отдn} + W_{отдn+1}$ | $W_{отп} = W_{пр1} + W_{пр2} + \dots + W_{прn} + W_{прn+1}$ |

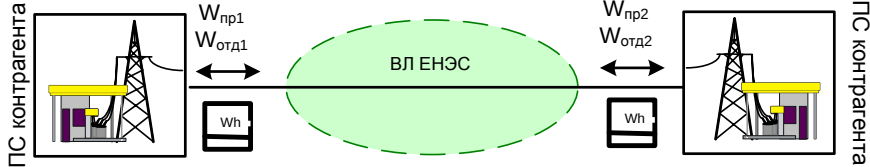
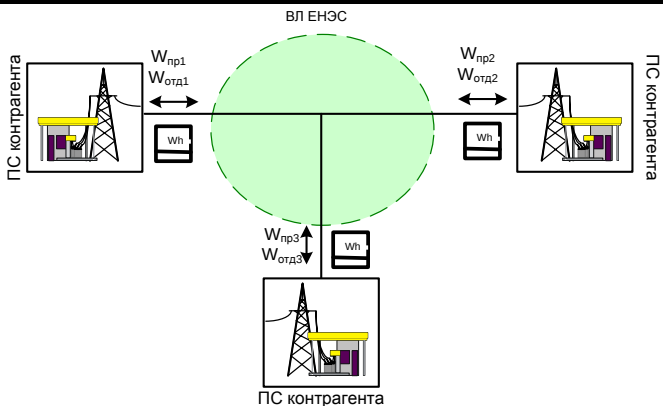
| | | |
|-----|--|-----------------------|
| 1.2 | Наименование объекта | |
| | Электростанция | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы | |
| | Точка учета | |
| | Релейный щит энергоблоков | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| 1.2 | ЕНЭС (РЭС) | |
| | Прием | Отдача |
| | $W_{отд1}, W_{отд2}, W_{сн1}, W_{сн2}, W_{сн3}, W_{сн4}$ | - |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети |
| | $W_{пост} = W_{отд1} + W_{отд2} - (W_{сн1} + W_{сн2} + W_{сн3} + W_{сн4} + \Delta W_{T1} + \Delta W_{T2})$ | - |

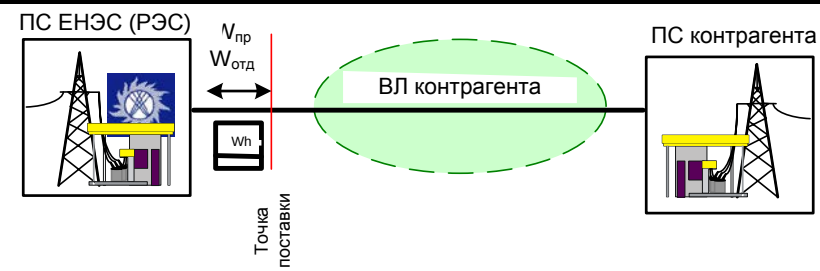
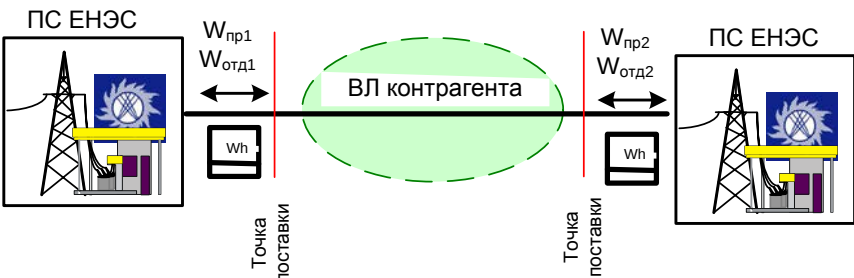
| | | |
|-----|---|--|
| 1.3 | Наименование объекта |  |
| | ПС контрагента | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы | |
| | Точка учета | |
| | На отходящей линии со стороны контрагента | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | ЕНЭС (РЭС) | |
| | Прием | Отдача |
| | $W_{отд}$ | $W_{пр}$ |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети |
| | $W_{пост} = W_{отд}$ | $W_{отп} = W_{пр}$ |
| 1.4 | Наименование объекта |  |
| | ПС контрагента | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы ОРУ | |
| | Точка учета | |
| | На параллельных отходящих линиях со стороны контрагента | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | ЕНЭС (РЭС) | |
| | Прием | Отдача |
| | $W_{отд1}, W_{отд2}$ | $W_{пр1}, W_{пр2}$ |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети |

| | | |
|--|---|--|
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{отд } 1} + W_{\text{отд } 2}$ | $W_{\text{отп}} = W_{\text{пр1}} + W_{\text{пр2}}$ |
|--|---|--|

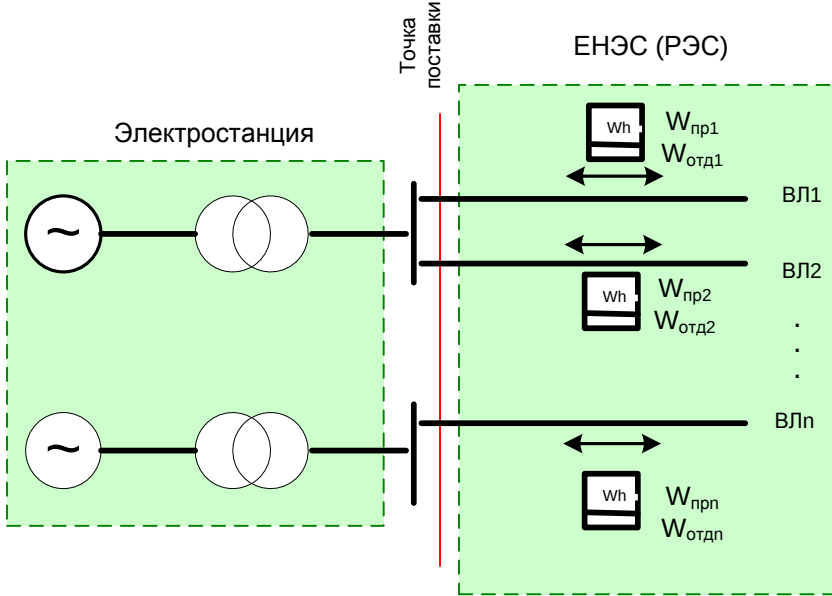
| | | | |
|-----|---|--|--|
| 1.5 | Наименование объекта |  | |
| | ПС ЕНЭС (РЭС) | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Линейный портал ВЛ | | |
| | Точка учета | | |
| | На АТ-1, АТ-2 | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| | Контрагент | | |
| | Прием | Отдача | |
| | $W_{\text{пр1}}, W_{\text{пр2}}$ | $W_{\text{отд1}}, W_{\text{отд2}}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр1}} + W_{\text{пр2}}$ | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд } 1} + W_{\text{отд } 2}$ | |

| | | | |
|-----|--|---|--|
| 1.6 | Наименование объекта | <div data-bbox="1308 325 1928 1002" data-label="Diagram"> <p>ЕНЭС (РЭС)</p> <p>ВЛ 1 ... ВЛ n</p> <p>ВЛ 3 ВЛ 4 ... ВЛ n</p> <p>Точка поставки</p> <p>$W_{отд}$</p> <p>W_h</p> </div> | |
| | ПС ЕНЭС (РЭС) | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Отходящие ВЛ контрагента | | |
| | Точка учета | | |
| | На АТ | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| | Контрагент | | |
| | Прием | Отдача | |
| | - | $W_{отд}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| | - | $W_{отп} = W_{отд}$ | |

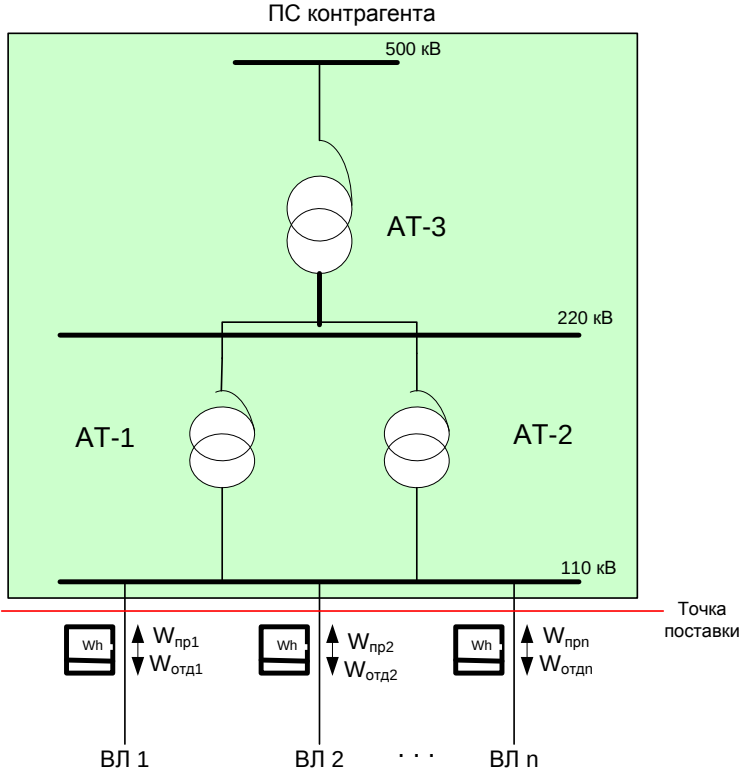
| | | | |
|---|---|--|--|
| 1.7 | Наименование объекта |  | |
| | ВЛ ЕНЭС (РЭС) соединяет две ПС контрагента | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Линейные порталы | | |
| | Точка учета | | |
| | На подстанциях контрагента | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| 1.7 | ВЛ ЕНЭС | | |
| | Прием | Отдача | |
| | $W_{отд1}, W_{отд2}$ | $W_{пр1}, W_{пр2}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| $W_{пост} = W_{отд1} + W_{отд2}$ | | $W_{отп} = W_{пр1} + W_{пр2}$ | |
| 1.8 | Наименование объекта |  | |
| | ВЛ ЕНЭС (РЭС) соединяет две ПС контрагента с отпайкой на ПС контрагента | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Линейные порталы | | |
| | Точка учета | | |
| | На подстанциях контрагента | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| 1.8 | ВЛ ЕНЭС | | |
| | Прием | Отдача | |
| | $W_{отд1}, W_{отд2}, W_{отд3}$ | $W_{пр1}, W_{пр2}, W_{пр3}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| $W_{пост} = W_{отд1} + W_{отд2} + W_{отд3}$ | | $W_{отп} = W_{пр1} + W_{пр2} + W_{пр3}$ | |

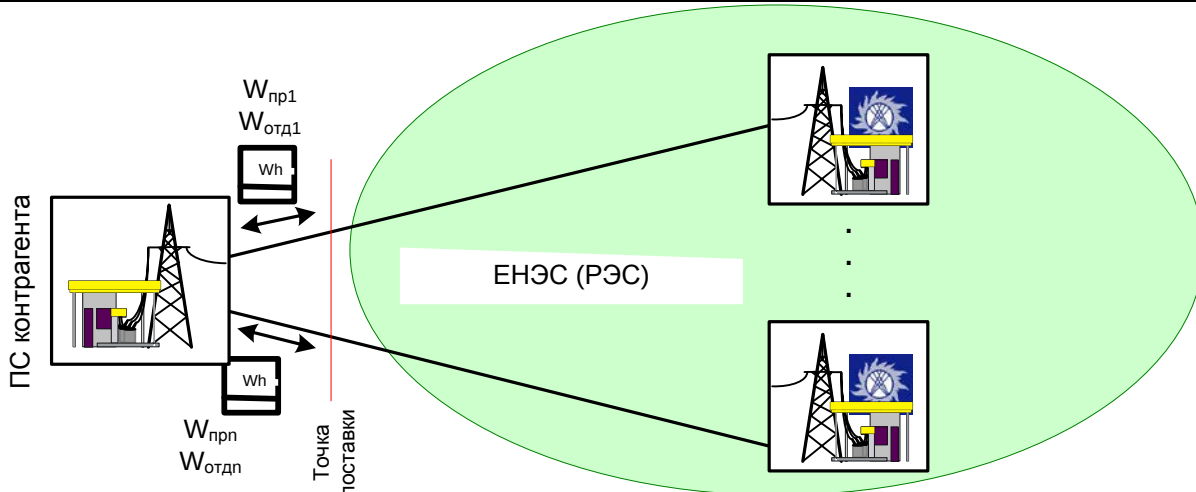
| | | |
|------|--|--|
| 1.9 | Наименование объекта |  |
| | ПС ЕНЭС (РЭС) | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейный портал | |
| | Точка учета | |
| | На ПС ЕНЭС (РЭС) | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | ВЛ контрагента | |
| | Прием | |
| | $W_{пр}$ | |
| 1.10 | Отдача |  |
| | $W_{отд}$ | |
| | Отпуск из сети | |
| | $W_{отп} = W_{отд}$ | |
| | Наименование объекта | |
| | ПС ЕНЭС | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы | |
| | Точка учета | |
| | На ПС ЕНЭС | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | ВЛ контрагента | |
| | Прием | |
| | $W_{пр1}, W_{пр2}$ | |
| | Отдача | |
| | $W_{отд1}, W_{отд2}$ | |
| | Отпуск из сети | |
| | $W_{отп} = W_{отд1} + W_{отд2}$ | |
| | Поступление в сеть | |
| | $W_{пост} = W_{пр1} + W_{пр2}$ | |

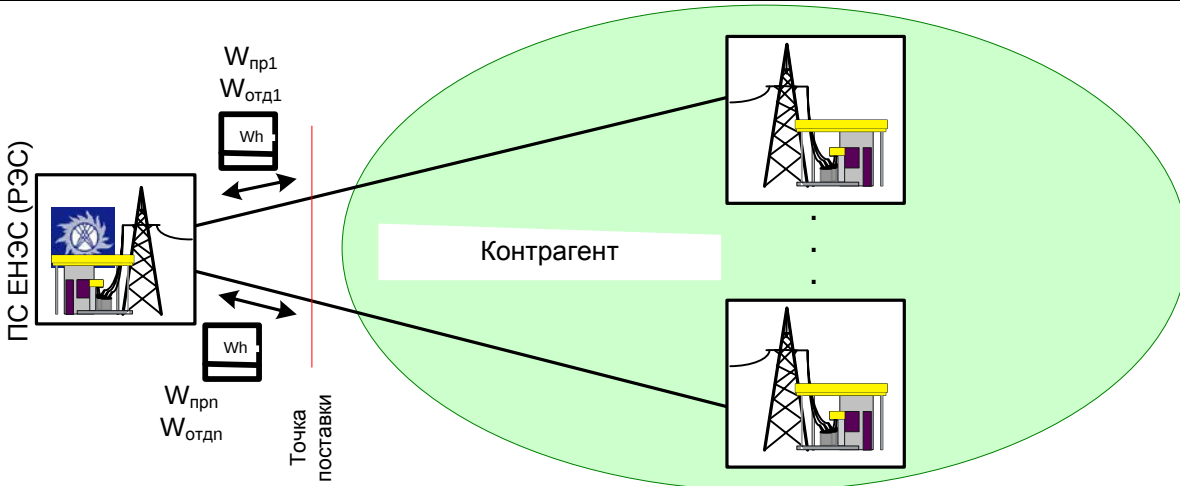
2. Частные варианты расчета поступления (поставки) в сеть и отпуска из сети

| | | |
|-----|---|--|
| 2.1 | Наименование объекта |  |
| | Электростанция | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы | |
| | Точка учета | |
| | На отходящих линиях | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | ЕНЭС (РЭС) | |
| | Прием | Отдача |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{отд1}} + W_{\text{отд2}} + \dots + W_{\text{отдn}}$ | $W_{\text{отд}} = W_{\text{пр1}} + W_{\text{пр2}} + \dots + W_{\text{прn}}$ |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}},$
при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$ | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}},$
при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$ |

| | | |
|-----|--|--|
| 2.2 | Наименование объекта | |
| | ПС ЕНЭС (РЭС) | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейный портал ВЛ | |
| | Точка учета | |
| | На отходящих линиях контрагента | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | Контрагент | |
| | Прием | |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{пр1}} + W_{\text{пр2}} + \dots + W_{\text{прn}}$ | |
| | Поступление в сеть | |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}},$ | Отдача
$W_{\text{отд}} = W_{\text{отд1}} + W_{\text{отд2}} + \dots + W_{\text{отдn}}$
Отпуск из сети
$W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}},$
при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$ |
| | при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$ | |
| | | |

| | | |
|-----|---|--|
| 2.3 | Наименование объекта |  |
| | ПС контрагента | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейный портал ВЛ | |
| | Точка учета | |
| | На отходящих линиях ЕНЭС (РЭС) | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| 2.3 | ЕНЭС (РЭС) | |
| | Прием | Отдача |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{отд1}} + W_{\text{отд2}} + \dots + W_{\text{отдn}}$ | $W_{\text{отд}} = W_{\text{пр1}} + W_{\text{пр2}} + \dots + W_{\text{прn}}$ |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}},$ <p>при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$</p> | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}},$ <p>при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$</p> |

| | | | |
|-----|---|--|--|
| 2.4 | Наименование объекта |  | |
| | ПС контрагента | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Линейные порталы | | |
| | Точка учета | | |
| | На подстанции контрагента | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| | ЕНЭС (РЭС) | | |
| | Прием | Отдача | |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{отд1}} + \dots + W_{\text{отдп}}$ | $W_{\text{отд}} = W_{\text{пр1}} + \dots + W_{\text{прп}}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}},$ | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}},$ | |
| | при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$ | при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$ | |

| | | | |
|-----|---|--|--|
| 2.5 | Наименование объекта |  | |
| | ПС ЕНЭС (РЭС) | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Линейные порталы | | |
| | Точка учета | | |
| | На ПС ЕНЭС (РЭС) | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| | Контрагент | | |
| | Прием | Отдача | |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{пр1}} + \dots + W_{\text{прп}}$ | $W_{\text{отд}} = W_{\text{отд1}} + \dots + W_{\text{отдп}}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}},$ | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}},$ | |
| | при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$ | при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$ | |

| | | |
|-----|---|--|
| 2.6 | Наименование объекта | |
| | ПС контрагента | |
| | Граница балансовой принадлежности | |
| | Линейные порталы | |
| | Точка учета | |
| | На ПС контрагента | |
| | Принадлежность отходящих линий | |
| | ЕНЭС | |
| | Прием | |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{отд}1} + \dots + W_{\text{отд}n} + W_{\text{отд}n+1} + \dots + W_{\text{отд}m}$ | |
| | Отдача | $W_{\text{отд}} = W_{\text{пр}1} + \dots + W_{\text{пр}n} + W_{\text{пр}n+1} + \dots + W_{\text{пр}m}$ |
| | Отпуск из сети | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}}$ |
| | при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$ | при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$ |
| | | |

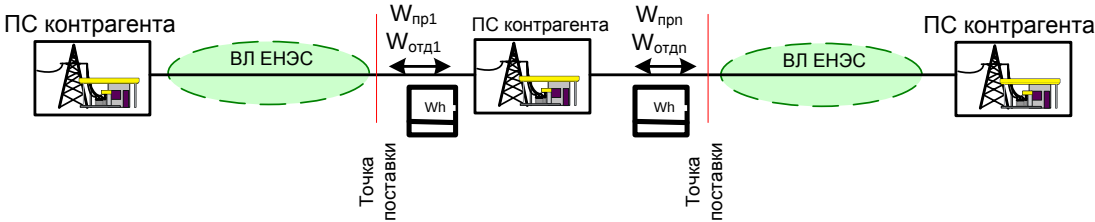
| | | | |
|-----|---|---|--|
| 2.7 | Наименование объекта |  | |
| | ПС контрагента | | |
| | Граница балансовой принадлежности | | |
| | Линейные порталы | | |
| | Точка учета | | |
| | На ПС контрагента | | |
| | Принадлежность отходящих линий | | |
| | ЕНЭС | | |
| | Прием | Отдача | |
| | $W_{\text{пр}} = W_{\text{отд1}} + \dots + W_{\text{отдп}}$ | $W_{\text{отд}} = W_{\text{пр1}} + \dots + W_{\text{прп}}$ | |
| | Поступление в сеть | Отпуск из сети | |
| | $W_{\text{пост}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}},$ | $W_{\text{отп}} = W_{\text{отд}} - W_{\text{пр}},$ | |
| | при $W_{\text{пр}} > W_{\text{отд}}$ | при $W_{\text{пр}} < W_{\text{отд}}$ | |

Таблица В.1 – Структура технологических потерь электроэнергии в электрических сетях РСК

[illegible]

Продолжение таблицы В.1

[illegible]

Таблица В.2 – Структура коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях РСК

| №
п/п | Структурные составляющие
коммерческих потерь электроэнергии | Единицы измерения | Значения |
|----------|---|----------------------------|----------|
| | Коммерческие потери

в том числе: | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | | |
| 1 | Потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями ИК | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 2 | Потери электроэнергии из-за систематических погрешностей, обусловленных сверхнормативными сроками службы ИК | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 3 | Потери электроэнергии, обусловленные дополнительными погрешностями измерений электроэнергии в реальных ненормированных условиях эксплуатации ИК | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 4 | Потери от хищений электроэнергии в связи незаконным подключением потребителей и мошенничеством с приборами учета | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 5 | Потери электроэнергии из-за расчетов потребленной электроэнергии абонентом на основе договоров безучетного электропотребления | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 6 | Потери электроэнергии из-за наличия бесхозных потребителей | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 7 | Потери электроэнергии, обусловленные несоответствием дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| 8 | Потери, обусловленные задолженностью при востребовании оплаты за электроэнергию - неодновременность оплаты электроэнергии населением | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |
| ... | ... | млн. кВт ч | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | | % от отч. потерь | |
| | | % от сверхнорм. потерь | |

Таблица В.3 – Форма контрольных показателей разработки и реализации программы снижения потерь электрической энергии

| № п/п | Наименование показателя | Единицы измерений | Численное значение показателя |
|-------|---|---------------------|-------------------------------|
| 1 | Нормативные значения потерь электрической энергии, в том числе: | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 1.1 | Технологические потери электроэнергии, в том числе | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | Технические потери электроэнергии (условно-постоянные и переменные потери) | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| | Потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями ИК | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 1.2 | Норматив снижения потерь на регулируемый период | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 2 | Фактические потери электрической энергии | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 3 | Сверхнормативные потери электроэнергии | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 4 | Коммерческие потери электроэнергии | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 5 | Задание по сокращению величины потерь электрической энергии | млн. кВт.ч. | |
| | | % от отпуска в сеть | |
| 6 | Экономический эффект от реализации программы по снижению потерь электрической энергии | тыс.руб. | |
| 7 | Единовременные затраты на реализацию программы по снижению потерь электрической энергии | тыс.руб. | |
| 8 | Средний срок окупаемости единовременных затрат на реализацию программы по снижению потерь электрической энергии | лет | |

Таблица В.4 – Программа снижения потерь электроэнергии

| № п/п | Наименование мероприятий | Срок исполнения | Затраты, тыс. руб. | Годовое снижение потерь электроэнергии, тыс. кВт.ч. | Ответственная служба | Фамилия И.О., должность исполнителя |
|--------------|---|-----------------|--------------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| I | Мероприятия по оптимизации режимов электрических сетей и совершенствованию их эксплуатации | | | | | |
| 1.1 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| II | Мероприятия по строительству, реконструкции и развитию электрических сетей, вводу в работу энергосберегающего оборудования | | | | | |
| 2.1 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| III | Мероприятия по совершенствованию метрологического обеспечения измерений для расчетного и технического учета электроэнергии | | | | | |
| 3.1 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| IV | Мероприятия по уточнению расчетов нормативов потерь | | | | | |
| 4.1 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| V | Мероприятия по совершенствованию организации работ, контроля за выполнением нормативов потерь, стимулирования их снижения | | | | | |
| 5.1 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| VI | Мероприятия по совершенствованию организации работ по повышению достоверности величины потребленной электроэнергии | | | | | |
| 6.1 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ВСЕГО | | | | | | |

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольной работы

по дисциплине «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электроэнергетические системы и сети

Квалификация выпускника бакалавр

Ставрополь
2025

Методические указания по дисциплине «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС» содержат задания для студентов, необходимые для организации самостоятельной работы.

Проработка предложенных заданий позволит студентам приобрести необходимые знания в области эксплуатации ЭЭС.

Предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника по профилю подготовки «Электроэнергетические системы и сети» очной формы обучения.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1 Цель, задачи и реализуемые компетенции | 5 |
| 2 Формулировка задания и его объем | 8 |
| 3 Общие требования к написанию и оформлению работы | 18 |
| 4 Рекомендации по выполнению задания | 18 |
| 5 План-график выполнения задания | 18 |
| 6 Критерии оценивания работы | 19 |
| 7 Порядок защиты работы | 20 |
| 8 Список рекомендуемой литературы | 20 |

Введение

1. Цель и задачи освоения дисциплины.

Цель изучения дисциплины состоит в формировании профессиональных компетенций (ПК-2, ПК-3, ПК-4) бакалавра по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и получение теоретических и практических навыков, необходимых для нормирования и снижения технологических и сверхнормативных потерь электроэнергии в ЭЭС.

Задачами изучения дисциплины являются

- ознакомление студентов с общими вопросами оценки экономичности электрических сетей, информационным обеспечением задач расчета потерь электроэнергии;
- освоение студентами классификации и современных методов расчета и снижения потерь электроэнергии в сетях ЭЭС;
- обучение студентов навыкам разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии и расчету их технико-экономической эффективности.

2 Формулировка задания и его объем

Контрольная работа формируется из многовариантных заданий по расчету потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии.

Целью выполнения контрольной работы является закрепление теоретических знаний по дисциплине, практическое применение знаний для расчета потерь электроэнергии обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии.

Контрольная работа состоит из пояснительной записки 7-10 листов текста на листах формата А4, выполненных, как правило, с использованием ЭВМ и необходимых сопутствующих материалов (графики, диаграммы, схемы).

Варианты задания выдаются индивидуально.

Перед решением, необходимо изучить теоретический материал по теме: «Порядок расчета потерь, обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии».

Контрольная работа включает в себя решение следующих задач.

Задача 1. Рассчитать баланс ЭЭ для задачи 1 практических занятий, приняв во внимание, что:

- в сети 110 кВ отсутствует отдача из сети;
- в сеть 35 кВ трансформируется 20 % от электроэнергии, поступившей в сеть 110 кВ;
- отпуск электроэнергии из сети 35 кВ отсутствует;
- отпуск электроэнергии из сети 6-10 кВ составляет 20 % от электроэнергии, поступившей в сеть 6-10 кВ;
- величина потерь ЭЭ в сети 35 кВ составляет 4 % от ЭЭ, отпущенной в сеть;
- величина потерь ЭЭ в сети 6-10 кВ составляет 5 % от ЭЭ, отпущенной в сеть;
- величина потерь ЭЭ в сети 0,4кВ составляет 6 % от ЭЭ, отпущенной в сеть;

Задача 2. Рассчитать погрешности каналов измерения ЭЭ, приняв данные

по точности элементов систем учета электроэнергии по таблице 1.1.

Таблице 1.1. – Данные по точности элементов систем учета электроэнергии

| № Системы учета ЭЭ | Класс точности ТТ | Класс точности ТН | Класс точности счетчика ЭЭ | Примечание |
|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|------------|
| 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Задача 3. Рассчитать суммарную величину потерь ЭЭ, обусловленных погрешностью системы учета ЭЭ.

Задача 4. Распределить суммарную величину потерь ЭЭ, обусловленных погрешностью системы учета ЭЭ на уровнях напряжения

Задача 5. Рассчитать значение потерь, обусловленных погрешностью системы учета ЭЭ на уровнях напряжения в процентах.

Вариант 1

Базовый уровень Задание 1 Рассчитать баланс ЭЭ для задачи №5 практических занятий, приняв во внимание, что:

- в сети 110 кВ отсутствует отдача из сети;
- в сеть 35 кВ трансформируется 20 % от электроэнергии, поступившей в сеть 110 кВ;
- отпуск электроэнергии из сети 35 кВ отсутствует;
- отпуск электроэнергии из сети 6-10 кВ составляет 20 % от электроэнергии, поступившей в сеть 6-10 кВ;
- величина потерь ЭЭ в сети 35 кВ составляет 4 % от ЭЭ, отпущенной в сеть;
- величина потерь ЭЭ в сети 6-10 кВ составляет 5 % от ЭЭ, отпущенной в сеть;
- величина потерь ЭЭ в сети 0,4кВ составляет 6 % от ЭЭ, отпущенной в сеть;

Задание 2 Рассчитать погрешности каналов измерения ЭЭ, приняв данные по точности элементов систем учета электроэнергии по таблице 1.1.

Таблице 1.1. – Данные по точности элементов систем учета электроэнергии, (NB номер варианта)

| № системы учета ЭЭ | Класс точности ТТ | Класс точности ТН | Класс точности счетчика ЭЭ | Количество точек учета ЭЭ/ном. напряжение |
|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---|
| 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1/110 |
| 2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 20/10 |
| 3 | 0,5 | 0,5 | 2,0 | 200+NB |
| 4 | 0,5 | - | 0,5 | 100+NB |
| 5 | | - | 2,0 | 1000+NB |
| 6 | - | - | 2,5 | 50+NB |

Задание 3 Рассчитать суммарную величину потерь ЭЭ, обусловленных

погрешностью системы учета ЭЭ.

Повышенный уровень

Задание 1 Распределить суммарную величину потерь ЭЭ, обусловленных погрешностью системы учета ЭЭ по уровням напряжения.

Задание 2 Рассчитать значение потерь, обусловленных погрешностью системы учета ЭЭ по уровням напряжения в процентах.

3 Общие требования к написанию и оформлению работы

Рекомендуется следующая структура работы:

1. Титульный лист.
2. Основная часть: выполнение заданий.
3. Список использованной литературы.

Основную часть контрольной работы составляет выполнение заданий согласно своего варианта. В этом разделе приводятся условия заданий и их решение с необходимыми пояснениями.

Список использованной литературы должен быть оформлен согласно ГОСТ 7.1 – 2003.

В конце работы должен быть приведен список использованной литературы. При использовании источников INTERNET обязательно должна быть ссылка на используемые сайты.

4 Рекомендации по выполнению задания

Студент для выполнения контрольной работы обязан:

- получить задание;
- выполнить полученное задание;
- написать контрольную работу в соответствии с предъявляемыми требованиями;
- защитить ее в установленные сроки.

Учебно-методическое обеспечение контрольной работы осуществляется выпускающей кафедрой. Ответственный преподаватель проводит консультации студентов по возникающим вопросам согласно

графику консультаций, проверяет выполнение работы.

5 План-график выполнения задания

Календарный план выполнения контрольной работы следующий:

1. Выдача задания – 2 неделя.
2. Решение задач – 3-10 недели.
3. Оформление контрольной работы – 11 неделя.
4. Сдача на проверку – 12 неделя.
5. Доработка контрольной работы – 13 неделя.
6. Защита контрольной работы – 16 неделя.

6 Критерии оценивания работы

Оценивается контрольная работа дифференцированно. При оценке контрольной работы учитываются: содержание работы, правильность выполнения заданий.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания базового уровня, но не усвоил его деталей, допускает неточности,

недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

7 Порядок защиты работы

Контрольная работа представляется к защите после проверки преподавателем и устранения студентом обнаруженных ошибок и недостатков.

8 Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1 Арутюнян, А. А. Основы энергосбережения: методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А. А. Арутюнян. - Москва : Энергосервис, 2007. - 593 с. - Библиогр.: с. 567-587. - ISBN 978-5-900835-98-3

2 Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения / М.Ю. Сибикин ; Ю.Д. Сибикин. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.|Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 352 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-4458-8886-4

3 Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения : учебник / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Форум, 2012. - 352 с. : ил. - (Профессиональное образование). - Гриф: Доп МО. - Библиогр.: с. 333-335. - Прил.: с. 336-346. - ISBN 978-5-91134-596-9

Дополнительная литература

1. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии : Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. - М. : ЭНАС, 2009. - 456 с.

2. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях : [практ. пособие] / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - М. : НЦ ЭНАС, 2006. - 280 с.

3. Железко, Ю.С; Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко / Ю.С. Железко. - Москва ; Москва : ЭНАС : ЭНАС, 2009., 2009. - 456 с

4. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / [В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.] ; под ред. В.Н. Казанцева. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 366 с

Электронные образовательные ресурсы:

- <http://www.ncfu.ru/> - Сайт СКФУ: электронный конспект лекций.
- <http://www.mpei.ru> – Сайт Национального Исследовательского Университета. Московский Энергетический Институт (МЭИ).
- <http://www.news.elteh.ru/> Сайт: новости электротехники. Информационно – справочное издание.
- <http://tpu.ru/> - Сайт Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета.
- <http://www.cpk-energo.ru/index.phtml> - Сайт НОУ "Центра подготовки кадров энергетики".
- <http://www.npi-tu.ru/> - Сайт Южно – Российского государственного технического университета (Новочеркасский политехнический институт) (ЮРГТУ НПИ).
- <http://www.iural.ru> – Сайт Уральского Федерального университета (УрФУ) им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина.
- <http://www.spbstu.ru/> - Сайт Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.
- <http://ispu.ru/> - Сайт Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО
ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

«Энергосбережение в системах электроснабжения»

Ставрополь,
2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

План-график выполнения самостоятельной работы

Контрольные точки и виды отчетности по ним

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Методические указания по подготовке к семинарским (практическим) занятиям

Методические указания по подготовке к экзамену (зачету)

Список рекомендуемой литературы

Введение

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного изучения определенных тем дисциплины по материалам, рекомендованным преподавателем, а также в порядке подготовки к практическим занятиям.

Цель дисциплины «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС» – формирование согласно ООП ВПО профессиональных компетенций ПК-2, ПК-3, ПК-4, будущего бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Для достижения этой цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи: ознакомление студентов с общими вопросами оценки экономичности электрических сетей, информационным обеспечением задач расчета потерь электроэнергии; освоение студентами классификации и современных методов расчета и снижения потерь электроэнергии в сетях ЭЭС; обучение студентов навыкам разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии и расчету их технико-экономической эффективности.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной программы учебной дисциплины.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности уровня умений обучающихся.

В процессе изучения дисциплины студент должен выполнить контрольную работу.

Контрольная работа формируется из многовариантных заданий по темам дисциплины.

Целью выполнения контрольной работы является закрепление теоретических знаний по дисциплине, практическое применение знаний.

Варианты задания выдаются индивидуально.

Перед решением, необходимо изучить теоретический материал по заданной теме.

Целями выполнения контрольной работы является получение практических навыков, необходимых для решения изучаемых задач.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая 50% учебного времени студента.

В широком смысле под самостоятельной работой студентов следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины. Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными

документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Следует с первых дней обучения в вузе приучать себя к целесообразному распределению занятий по месяцам и неделям семестра.

При этом очень важна равномерная работа как основное условие успешных занятий в вузе.

Высшей ступенью обучения является приобретение навыков самостоятельной творческой работы, а творческому применению знаний нужно учиться параллельно с их приобретением.

Задачами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС» являются:

- ознакомление студентов с общими вопросами оценки экономичности электрических сетей, информационным обеспечением задач расчета потерь электроэнергии;
- освоение студентами классификации и современных методов расчета и снижения потерь электроэнергии в сетях ЭЭС;
- обучение студентов навыкам разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии и расчету их технико-экономической эффективности.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общий объём самостоятельной работы в рамках изучения дисциплины «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС» составляет 67,5 часа.

В структуре самостоятельной работы предусмотрено написание контрольной работы, самостоятельное изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям.

Также рабочей программой дисциплины «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС» предусмотрено выполнение контрольной работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ

Успеваемость студентов по дисциплине оценивается в ходе текущего и промежуточного контроля.

Текущий контроль осуществляется в течение семестра:

- на семинарских, практических занятиях;
- по всем формам самостоятельной работы студентов (коллоквиум, расчетно- графическая работа, контрольная работа, реферат, тестирование)

Промежуточный контроль – это дифференцированный зачет по дисциплине в период сессии.

В начале семестра студенческая группа получает график контрольных мероприятий с указанием форм и сроков их проведения, с указанием баллов за каждое контрольное мероприятие.

Контрольные точки по самостоятельной работе

| № п/п | Вид деятельности студентов | Сроки выполнения | Количество баллов |
|------------------|----------------------------|------------------|-------------------|
| 7 семестр | | | |
| 1 | Практическое занятие 9 | 9 | 10 |
| 2 | Лекция 17 | 17 | 10 |
| 3 | Контрольная работа | 17 | 20 |
| 4 | Практическое занятие 18 | 18 | 15 |
| | Итого за 7 семестр: | | 55 |
| | Итого: | | 55 |

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 |

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме **зачета или дифференцированного зачета.**

Процедура зачета (дифференцированного зачета) как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре, при сдаче всех контрольных точек, предусмотренных текущим контролем успеваемости. Если по итогам семестра обучающийся имеет от 33 до 60 баллов, ему ставится отметка «зачтено». Обучающемуся, имеющему по итогам семестра менее 33 баллов, ставится отметка «не зачтено».

Количество баллов за зачет ($S_{зач}$) при различных рейтинговых баллах по дисциплине по результатам работы в семестре

| Рейтинговый балл по дисциплине по результатам работы в семестре ($R_{сем}$) | Количество баллов за зачет ($S_{зач}$) |
|---|--|
| $50 \leq R_{сем} \leq 60$ | 40 |
| $39 \leq R_{сем} < 50$ | 35 |
| $33 \leq R_{сем} < 39$ | 27 |
| $R_{сем} < 33$ | 0 |

Проверка подготовки к практическим занятиям проводится в форме защиты отчетов по данным виду занятия.

В результате выполнения практических занятий студент должен отвечать на заданные контрольные вопросы и уметь выполнять практические задания.

Максимальное количество баллов студент получает, если оформление ответов и заданий соответствует установленным требованиям, задания выполнены правильно и в полном объеме. Основанием для снижения оценки являются:

- Неполное выполнение задания по практике
- Некорректность результатов
- Неполные ответы на контрольные вопросы по практическим занятиям

Защита контрольной работы состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы.

Оценка «отлично» ставится студенту, который в срок, в полном объеме и на высоком уровне выполнил контрольную работу. При защите и написании работы студент продемонстрировал приобретенные навыки и умения. Тема, заявленная в работе раскрыта полностью, все выводы студента подтверждены материалами исследования и расчетами. Отчет подготовлен в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Оценка «хорошо» ставится студенту, который выполнил контрольную работу, но с незначительными замечаниями, был менее самостоятелен и инициативен. Тема работы раскрыта, но выводы носят поверхностный характер, практические материалы обработаны не полностью.

Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, который допускал просчеты и ошибки в работе, не полностью раскрыл заявленную тему, делал поверхностные выводы, слабо продемонстрировал аналитические способности и навыки работы с теоретическими источниками.

Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту, который не выполнил контрольную работу, либо выполнил с грубыми нарушениями требований, не раскрыл заявленную тему, не выполнил практической части работы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

Как работать с учебной и научной книгой

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Как показали эксперименты, знание и умелое применение некоторых упражнений дают возможность извлекать «ядерное» значение в тексте быстро и надежно. Эти упражнения основаны на использовании дифференциального алгоритма чтения. Центральное место в этом алгоритме занимает «блок доминанта». Это слово в переводе с латинского языка означает «господствующий, основной, главный». Что же такое доминанта применительно к тексту?

Доминанта – главная смысловая часть текста. Она выражается своими словами, на языке собственных мыслей, является результатом переработки текста, его осмысления в соответствии с индивидуальными особенностями читателя, выявления основного замысла автора.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так (по О.А. Андрееву) можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.
- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно. Способ в принципе допускает быстрое чтение.
- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает

сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.

Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.

Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.

Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения.

Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень

важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».

Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Формы ведения записей

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

1. План - наиболее краткая формой записи. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мет и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают

достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого вступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к **конспекту**, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки,

которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – неременное правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал, и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести

конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещающие их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В **текстуальном конспекте** сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из других источников.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению **тематического конспекта** предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

Следующим методом самостоятельной работы с книгой является **реферирование** на определенную тему. Слово реферат употребляется в двух различных значениях:

1. Краткое изложение содержания книги, научной работы;
2. Доклад за заданную тему на основе критического образа литературных источников.

7. Реферат – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор, приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки, записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное, при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и

кратко определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;
2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ЛИТЕРАТУРОЙ

При изучении дисциплины у студентов должен вырабатываться рационально-критический подход к изучаемым проблемам и явлениям. Это включает понимание того, что со временем ряд информационных и теоретических материалов устаревает, требуя критического отношения. С другой стороны, каждый текущий вопрос имеет свою историю, которую тоже полезно знать. Каждое событие может иметь разные интерпретации, поэтому слова, сказанные много лет назад, могут иметь важное значение.

Чтобы понять содержание материала, нужно уметь его прочитывать. Начинать следует с предварительного просмотра, в ходе которого ознакомиться с названием работы, с аннотацией, оглавлением, предисловием. Часто замысел работы ясен уже при ознакомлении с ее названием. Но особенно интересен просмотр оглавления, в результате которого становится ясным развитие мысли автора. Неплохо было бы появившиеся при этом мысли зафиксировать на бумаге.

Просматривая текст оглавления, нужно остановиться на тех главах, которые представляют для вас особенный интерес, бегло ознакомиться с ними, составляя в общих чертах свое представление о них. Цель этого действия – найти места, относящиеся к искомой теме, определив при этом, что ценного в каждом из них.

Следующий этап – прочтение выделенных мест с фиксацией самых главных сведений. При этом надо четко и ясно осознавать цель чтения, постоянно держа ее перед собой: по какому вопросу нужна информация, для чего нужна, ее характер и т.д. необходимо менять режим чтения – от беглого вдумчивого – в зависимости от ценности информации, останавливаясь там, где это требуется для глубокого понимания текста.

Следует научиться определять структуру текста по соподчиненности его частей, учитывая взаимосвязь текста с рисунками, сносками, примечаниями и таблицами. Все это поможет пониманию текста при беглом

ознакомлении с ним. Так вырабатывается способность при прочтении сразу понимать смысл и значение новой информации.

Многие книги и статьи имеют в своем аппарате списки литературы, которые дают возможность пополнить информационную осведомленность о дополнительной литературе по данному вопросу.

Отдельный этап прочтения – ведение записей прочитанного. Существует несколько видов записей: план, выписки, тезисы, аннотация, резюме, конспект.

Выписки – Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги произведения.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранением логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собирание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Семинарские занятия проводятся в форме дискуссии, на которых проходит обсуждение конкретных экономических ситуаций. Обсуждения направлены на освоение научных основ, эффективных методов и приемов решения конкретных практических задач, на развитие способностей к творческому использованию получаемых знаний и навыков. Основная цель проведения семинара заключается в закреплении знаний полученных в ходе прослушивания лекционного материала. Семинар проводится в форме устного опроса студентов по вопросам семинарских занятий, а также в виде решения практических задач или моделирования практической ситуации. В ходе подготовки к семинару студенту следует просмотреть материалы лекции, а затем начать изучение учебной литературы. Следует знать, что освещение того или иного вопроса в литературе часто является личным мнением автора, построенного на анализе различных источников, поэтому следует не ограничиваться одним учебником или монографией, а рассмотреть, как можно больше материала по интересующей теме.

В ходе самостоятельной работы студенту необходимо отслеживать научные статьи в специализированных изданиях.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Проработать конспект лекций;
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана семинарского занятия;
4. Выполнить домашнее задание;
5. Проработать тестовые задания и задачи;
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

При подготовке к семинарским занятиям следует руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя, использовать основную

литературу из представленного им списка. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. При подготовке доклада на семинарское занятие желательно заранее обсудить с преподавателем перечень используемой литературы, за день до семинарского занятия предупредить о необходимых для предоставления материала технических средствах, напечатанный текст доклада предоставить преподавателю.

Цели практических занятий по дисциплине «Нормирование и снижение потерь электроэнергии в ЭЭС»:

1. закрепление теоретического материала путем систематического контроля за самостоятельной работой студентов;
2. формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения лабораторных работ;
3. развитие аналитического мышления путем обобщения результатов лабораторных работ;
4. формирование навыков оформления результатов практических работ в виде таблиц, графиков, выводов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СОБЕСЕДОВАНИЮ

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить лекционный материал, материалы практических занятий, а также вопросы, выносимые на самостоятельное изучение.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования калькулятором.

При проверке задания, оцениваются правильность, полнота и последовательность ответа, логичность изложения.

Текущий контроль

Рейтинговая оценка знаний студента (в случаях, предусмотренных нормативными актами СКФУ).

| № п/п | Вид деятельности студентов | Сроки выполнения | Количество баллов |
|-----------|-------------------------------|------------------|-------------------|
| 7 семестр | | | |
| 1. | Практические занятия | 11 неделя | 20 |
| 2. | Аудиторная контрольная работа | 15 неделя | 25 |
| 3. | Выполнение контрольной работы | 17 неделя | 10 |
| | Итого за 7 семестр | | 55 |
| | Итого | | 55 |

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:

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

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается 40 баллами из 100. Положительный ответ студента на экзамене оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от 20 до 40 ($20 \leq S_{\text{экз}} \leq 40$), оценка меньше 20 баллов считается неудовлетворительной.

Шкала соответствия рейтингового балла экзамена 5-балльной системе

| Рейтинговый балл по дисциплине | Оценка по 5-балльной системе |
|--------------------------------|------------------------------|
| 35 – 40 | Отлично |
| 28 – 34 | Хорошо |
| 20 – 27 | Удовлетворительно |

Итоговая оценка по дисциплине, изучаемой в одном семестре, определяется по сумме баллов, набранных за работу в течение семестра, и баллов, полученных при сдаче экзамена:

*Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине
в оценку по 5-балльной системе*

| Рейтинговый балл по дисциплине | Оценка по 5-балльной системе |
|--------------------------------|------------------------------|
| 88 – 100 | Отлично |
| 72 – 87 | Хорошо |
| 53 – 71 | Удовлетворительно |
| < 53 | Неудовлетворительно |

1. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если его ответ соответствует результатам освоения дисциплины. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если его ответ соответствует результатам освоения дисциплины, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ соответствует результатам освоения дисциплины, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ не соответствует результатам освоения дисциплины, не освоен основной понятийный аппарат, оперирует неточными формулировками, нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

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 |

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2. Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Вопросы для собеседования
по дисциплине «Энергосбережение в системах электроснабжения»

1. На основании какой информации можно выполнить расчет приема в сеть, отдачи из сети и фактических потерь электрической энергии?
2. Каким образом определяется отпуск электрической энергии из сети?
3. Каким образом определяются фактические потери электрической энергии?
4. Каким образом определяется поступление (поставка) электрической энергии в сеть?
5. Каким образом определяется относительное значение фактических потерь электрической энергии в ЕНЭС?
6. Как определить величину фактических потерь электроэнергии в процентах?
7. Какими схемами замещения моделируется двухобмоточный трансформатор?
8. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения трансформаторов? В чем суть этих упрощений?
9. Какие методы можно использовать для расчета потерь электроэнергии в отдельных элементах сети?
10. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
11. На основе какой информации можно рассчитать значение коэффициента заполнения графика нагрузки?
12. На основе какой информации можно рассчитать значение коэффициента заполнения графика нагрузки?
13. Как рассчитывается значение коэффициента формы графика нагрузки?
14. Какими схемами замещения моделируется трехобмоточный трансформатор?
15. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения трансформаторов? В чем суть этих упрощений?
16. Как зависят сопротивления и проводимости трансформаторов от их номинальной мощности?
17. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
18. Как различить в обозначениях двух- и трехобмоточные трансформаторы?
19. Зависит ли активное сопротивление схем замещения обмоток от загрузки обмоток?
20. Какими схемами замещения моделируется автотрансформатор?
21. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения автотрансформаторов? В чем суть этих упрощений?
22. Как зависят сопротивления и проводимости автотрансформаторов от их номинальной мощности?
23. Как рассчитать нагрузочные потери мощности в токоограничивающем реакторе?
24. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
25. Как рассчитать нагрузочные потери мощности в автотрансформаторе?
26. Каким образом можно зафиксировать значение максимальной нагрузки ЭЭС?
27. Как получить максимальные нагрузки сети?
28. Как рассчитать коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети при отсутствии графика нагрузки?
29. Как рассчитать число часов наибольших потерь мощности при использовании метода числа часов наибольших потерь мощности?
30. Как рассчитывается относительное число часов наибольших потерь мощности при отсутствии графика нагрузки?
31. От каких параметров зависит точность расчета потерь электроэнергии за расчетный период?
32. От каких параметров зависит выбор метода расчета коэффициента формы и как он влияет на точность расчета потерь электроэнергии?

33. По каким критериям выбирается метод расчета потерь электроэнергии за базовый период?
34. От каких параметров зависит выбор метода расчета коэффициента формы и как он влияет на точность расчета потерь электроэнергии?
35. Как влияет доля электроэнергии, отпускаемой населению на величину рассчитанных потерь электроэнергии?
36. Как определить длину магистралей при расчете эквивалентной длины?
37. С какой целью выделяют потребление электроэнергии до 1-4 опоры?
38. В каких единицах задается отпуск электрической энергии в линии W0.4?
39. Какой объем выборки допускается для оценки потерь электроэнергии по обобщенной информации?
40. Как рассчитать средний отпуск электроэнергии в одну линию?
41. В каких единицах задаются параметры в формуле для расчета потерь электроэнергии по обобщенной информации?
42. Какие методы расчета переменных технических потерь в сети 0,38 кВ Вам известны ?
43. Чему равно значение коэффициента, устанавливающего связь между потерями напряжения и потерями мощности?
44. Как определяются потери электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1000 В?
45. Какие напряжения используют для расчета потерь напряжения в линии 0,38 кВ?
46. Какие потери напряжения допустимы при эксплуатации сети 0,4 кВ?
47. На основании какой информации можно выполнить расчет приема в сеть, отдачи из сети и фактических потерь электрической энергии?
48. Каким образом определяется отпуск электрической энергии из сети?
49. Каким образом определяются фактические потери электрической энергии?
50. Каким образом определяется поступление (поставка) электрической энергии в сеть?
51. Каким образом определяется относительное значение фактических потерь электрической энергии в ЕНЭС?
52. Перечислите нормативные условия работы элементов измерительного комплекса.
53. К какому отпуску ЭЭ относят потери при их представлении в процентах?
54. От каких параметров зависят погрешности трансформатора тока?
55. От каких параметров зависят погрешности трансформатора напряжения?
56. От каких параметров зависят погрешности счетчиков электроэнергии?
57. Как подключается счетчик электроэнергии в сетях напряжением до 1000 В и выше 1000 В?
58. Как определяется предельная погрешность измерительного комплекса электроэнергии?
59. Какие факторы приводят к увеличению погрешности измерительного комплекса?
60. Объясните причины возникновения погрешностей трансформаторов тока.
61. От каких факторов зависит погрешность трансформаторов тока?
62. Как нормируется предельная погрешность трансформаторов тока?
63. Объясните причины возникновения погрешностей трансформаторов напряжения.
64. От каких факторов зависит погрешность трансформаторов напряжения?
65. Почему необходимо ограничивать потери напряжения в соединительных проводах от трансформатора напряжения до счетчика электроэнергии?
66. Какие элементы вносят основные наиболее значимые погрешности в измерительные комплексы по учету электроэнергии?

67. Как рассчитывается результирующая случайная погрешность измерительного комплекса по учету электроэнергии?
68. Как рассчитываются потери, обусловленные погрешностью системы учета электроэнергии
69. Какие составляющие условно-постоянных потерь электроэнергии Вам известны?
70. От чего и как зависят потери электроэнергии в линиях электропередачи на корону?
71. Как определить потери электроэнергии в БСК, СК и шунтирующих реакторах?
72. Как определить потери электроэнергии в ТН, ТТ и счетчиках электроэнергии?
73. Как определяется расход электроэнергии на собственные нужды подстанций?
74. Тема 18 Определение потерь норматива потерь технологических электроэнергии на период регулирования
75. Что является целью нормирования потерь электроэнергии?
76. Какие составляющие включает в себя норматив технологических потерь электроэнергии?
77. Как определить нагрузочных потерь электроэнергии на регулируемый период, если известны нагрузочные потери за базовый период?
78. В каких единицах утверждается норматив технологических потерь электроэнергии?
79. Как зависят сопротивления и проводимости трансформаторов от их номинальной мощности?
80. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления трансформатора?
81. Какие трансформации учитываются в схеме замещения трансформаторов?
82. Каким образом в схеме замещения трехобмоточного трансформатора учитывается магнитная связь обмоток?
83. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления трансформатора?
84. В чем особенность расчета сопротивлений для трехобмоточного трансформатора по сравнению с двухобмоточным?
85. Отличается ли определение проводимостей трехобмоточного трансформатора от двухобмоточного?
86. Как задать нагрузки в узлах при использовании метода числа часов наибольших потерь мощности?
87. Какие способы определения относительного числа часов наибольших потерь мощности Вам известны?
88. Как определить максимальную нагрузку сети за базовый период?
89. Какие рабочие и нерабочие дни необходимо выбрать для определения k_w ?
90. Каким образом можно получить нагрузки узлов в режиме максимальных нагрузок?
91. Какие параметры определяют погрешность метода расчета потерь электроэнергии ?
92. Какую условно-эталонный метод расчета можно использовать для анализа погрешностей методов расчета?
93. Какими способами можно снизить погрешности расчета нагрузочных потерь электроэнергии?
94. Каким образом отбираются подстанции в выборку для оценки потерь электроэнергии?
95. Как проверить правильность задания величин магистралей и отпаяк?
96. Как выделяется магистраль в линии 0,4 кВ?
97. Как изменяется значение коэффициента несимметрии при выравнивании нагрузок фаз?

98. Каким образом рассчитывается значение потерь электроэнергии для всей сети 0,4 кВ, если известны потери электроэнергии в каждой линии выборки?
99. Как проверить достоверность задания информации при расчете потерь электроэнергии в линиях 0,38 кВ в зависимости от величины падения напряжения?
100. Как определить максимум нагрузки в сети 0,38 кВ?
101. Что понимается под фактическим небалансом электроэнергии на объекте?
102. Как рассчитать случайные погрешности системы учета ЭЭ с учетом срока поверки счетчика?
103. Как распределяются суммарные потери, обусловленные погрешностями системы учета электроэнергии по классам напряжений?
104. От каких параметров зависят погрешности счетчиков электроэнергии?
105. Какие причины приводят к искажению значений потребленной электроэнергии?
106. Какова причина потерь активной электроэнергии в статических компенсирующих устройствах?
107. Какие способы расчета потерь электроэнергии на корону Вам известны?
108. Как определить продолжительностях видов погоды в течение расчетного периода?
109. Каков порядок утверждения норматива потерь электроэнергии?
110. Какова номенклатура элементов расхода электрической энергии на производственные нужды подстанций с учетом хозяйственных?
111. Какими схемами замещения моделируется автотрансформатор?
112. В каких случаях используются упрощенные схемы замещения автотрансформаторов? В чем суть этих упрощений?
113. Как зависят сопротивления и проводимости автотрансформаторов от их номинальной мощности?
114. Как рассчитать нагрузочные потери мощности в токоограничивающем реакторе?
115. Зависит ли мощность холостого хода от номинального напряжения?
116. Как рассчитать нагрузочные потери мощности в автотрансформаторе?
117. Какую информацию необходимо задать для расчета установившегося режима ЭЭС?
118. Как задается значение коэффициента трансформации для программы RastrWin?
119. Из каких соображений выбираются пределы реактивной мощности в опорных узлах?
120. Почему не задается мощность генерации в балансирующем узле?
121. Какие узлы назначаются в качестве балансирующего?
122. В каком месте линии необходимо измерять ток и напряжение при использовании метода оперативных расчетов?
123. С какой периодичностью необходимо фиксировать значения токовых нагрузок или измерять потоки активной и реактивной мощностей?
124. Какие способы получения токовых нагрузок элементов сети Вам известны?
125. Как учитываются потоки реактивной мощности в методе оперативных расчетов?
126. Можно ли использовать метод оперативных расчетов для расчета условно-постоянных потерь?
127. По каким критериям выбирается расчетная формула для определения коэффициента формы графика нагрузки?
128. Какие рабочие и нерабочие дни необходимо выбрать для определения k_w ?
129. В чем суть метода характерных суточных режимов?
130. Как определить математическое ожидание нагрузки в узле сети?
131. Можно ли по значениям суточного, месячного и годового значения коэффициенты формы графика нагрузки определить значение коэффициента формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал?
132. Какие Вы знаете способы определения коэффициент заполнения графика

суммарной нагрузки сети?

133. Как можно рассчитать значение коэффициента заполнения графика нагрузки?
134. Как определяются потери холостого хода трансформаторов в сети 6-10 кВ?
135. Как расположить методы расчета переменных технических потерь электроэнергии в сети 6-10 кВ в порядке убывания их точности?
136. Как рассчитывается коэффициент формы суммарной нагрузки сети в методе средних нагрузок?
137. Как определяются нагрузочные потери электроэнергии по методу средних нагрузок?
138. В чем суть метода средних нагрузок?
139. Как учесть балансовую принадлежность при использовании метода средних нагрузок?
140. Как определить математическое ожидание нагрузки в узле сети?
141. Каким образом в схеме замещения автотрансформатора учитывается магнитная связь обмоток?
142. Что характеризует относительное значение индуктивного (полного) сопротивления автотрансформатора?
143. От каких параметров зависит удельное внешнее реактивное сопротивление 1 км линии?
144. Как рассчитать значение поперечных проводимостей шунтов силовых трансформаторов?
145. В каких случаях целесообразно задавать шунты в виде отборов мощности?
146. От каких параметров зависит удельная емкостная проводимость 1 км линии?
147. Как учитывается изменение температуры провода по длине линии при расчете потерь электроэнергии?
148. Как зависит сопротивление провода от его температуры?
149. Каковы причины погрешностей расчета потерь мощности при использовании токов, измеренных на подстанции?
150. Как при расчетах потерь мощности в сети при средних за расчетный интервал нагрузках узлов учитываются межсистемные перетоки?
151. Какие способы определения коэффициента формы допустимы при использовании метода средних нагрузок?
152. В каких пределах может изменяться значение коэффициента формы в методе средних нагрузок?
153. В чем сущность метода «эквивалентного сопротивления»?
154. Каким способом рассчитываются нагрузки распределительных трансформаторов?
155. Какие уровни напряжения следует задавать в центрах питания при расчетах потерь электроэнергии методом средних нагрузок?
156. По каким данным и как рассчитывается коэффициент формы в методе средних нагрузок?
157. На основании какой информации можно выполнить расчет приема в сеть, отдачи из сети и фактических потерь электрической энергии?
158. Каким образом определяется отпуск электрической энергии из сети?
159. Каким образом определяются фактические потери электрической энергии?
160. Каким образом определяется поступление (поставка) электрической энергии в сеть?
161. Каким образом определяется относительное значение фактических потерь электрической энергии в ЕНЭС?
162. Как определить величину фактических потерь электроэнергии в процентах?
163. Каким образом определяется напряжение на высшей стороне трансформатора?
164. Сколько режимов целесообразно рассмотреть при определении потерь холостого хода трансформаторов?

165. Допускается ли потери мощности XX определять с учетом технического состояния и срока службы трансформатора?

166. Какие расчетные способы определения приема и отдачи электрической энергии в точке поставки при отсутствии коммерческого учета Вам известны?

167. На основе какой информации анализируется баланс электрической энергии по электрической сети и подстанциям?

168. Как определяется электроэнергия потребленная энергопринимающими устройствами?

169. Как измерить потери мощности холостого хода силового трансформатора?

170. На сколько могут отличаться паспортные и реальные потери холостого хода силовых трансформаторов?

171. Как рассчитать среднеэксплуатационное напряжение на высокой стороне силового трансформатора?

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если его ответ не соответствует заданным параметрам, не освоен основной понятийный аппарат, оперирует неточными формулировками, нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

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 |

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2 Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Комплект заданий для контрольной работы
по дисциплине
«Энергосбережение в системах электроснабжения»

Исходные данные для контрольной работы приведены в методических указаниях по выполнению контрольной работы, содержат 50 вариантов задания.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если расчетно-графическая работа выполнена верно и в полном объеме, а его ответ на защите соответствует заданным параметрам. Сформированность компетенций на высоком уровне.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если расчетно-графическая работы выполнена верно и в полном объеме, а его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны средства для раскрытия темы. Сформированность компетенций на базовом уровне.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если расчетно-графическая работа выполнена верно и в полном объеме, а его ответ соответствует заданным параметрам, но не точно используются, или нерационально подобраны, средства для раскрытия темы, оперирует неточными формулировками. Сформированность компетенций на удовлетворительном уровне.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если расчетно-графическая работа выполнена неверно и/или не в полном объеме. Сформированность компетенций слабая.

2. Описание шкалы оценивания

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 |

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя защиту лабораторных работ и обсуждение вопросов для самостоятельного изучения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить следующие компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики

ПК-2. Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики

ПК-3. Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ПК-4. Способность использовать современные цифровые технологии для решения

режимно-технологических задач

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо в течение времени, отведенного на самостоятельную работу, подготовить ответы на вопросы. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочной литературой. При проверке задания оцениваются последовательность и комплексность ответов.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

- 1 Арутюнян, А. А. Основы энергосбережения: методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А. А. Арутюнян. - Москва : Энергосервис, 2007. - 593 с. - Библиогр.: с. 567-587. - ISBN 978-5-900835-98-3
- 2 Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения / М.Ю. Сибикин ; Ю.Д. Сибикин. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.|Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 352 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-4458-8886-4
- 3 Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения : учебник / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Форум, 2012. - 352 с. : ил. - (Профессиональное образование). - Гриф: Доп МО. - Библиогр.: с. 333-335. - Прил.: с. 336-346. - ISBN 978-5-91134-596-9

Дополнительная литература

1. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии : Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. - М. : ЭНАС, 2009. - 456 с.
2. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях : [практ. пособие] / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - М. : НЦ ЭНАС, 2006. - 280 с.
3. Железко, Ю.С; Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко / Ю.С. Железко. - Москва ; Москва : ЭНАС : ЭНАС, 2009., 2009. - 456 с
4. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / [В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.] ; под ред. В.Н. Казанцева. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 366 с

Электронные образовательные ресурсы:

- <http://www.ncfu.ru/> - Сайт СКФУ: электронный конспект лекций.

- <http://www.mpei.ru> – Сайт Национального Исследовательского Университета. Московский Энергетический Институт (МЭИ).
- <http://www.news.elteh.ru/> Сайт: новости электротехники. Информационно – справочное издание.
- <http://tpu.ru/> - Сайт Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета.
- <http://www.cpk-energo.ru/index.phtml> - Сайт НОУ "Центра подготовки кадров энергетики".
- <http://www.npi-tu.ru/> - Сайт Южно – Российского государственного технического университета (Новочеркасский политехнический институт) (ЮРГТУ НПИ).
- <http://www.iural.ru> – Сайт Уральского Федерального университета (УрФУ) им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина.
- <http://www.spbstu.ru/> - Сайт Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.
- <http://ispu.ru/> - Сайт Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина.