

2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте (см. рис. 2.1.1).

Образец оформления формулы и уравнения

$$S = ab, \tag{2.1.1}$$

где S – площадь прямоугольника, м²;
 a и b – длины сторон прямоугольника, м.

Образец оформления таблиц

Таблица 2.1.1

Историко-культурные объекты региона

Вид памятника	Федерально- го значения	Местного значения	Вновь выяв- лено	Всего
Архитектурные	15	328	812	1155
Археологии	3	144	183	330
Истории	9	220	66	295
Искусства	1	49	6	66
Садово-парковые	-	17	-	17
Итого	28	758	1067	1853

При переносе таблицы на другую страницу ее графы должны быть выделены отдельной строкой и пронумерованы. Над продолжением пишут «Продолжение таблицы ...», «Окончание таблицы ...». Нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую первую часть таблицы, не проводят.

Например:

Количество туристов проживающих в гостинице «Нева» в мае

456		566		
567		678		

млн. долл.
США

15000
10000
5000
0

Венгрия Польша Чехосло. Словакия Румыния Болгария Словения

■ Экспорт тур.услуг

Рис. 2.1.1 Экспорт и импорт туристических услуг в 2014, млн.руб.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 200011430A ВВЕДЕН С 2019-07-16 ДО 2024-08-01 на ИСТОЧНИК
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

ТОЧНИКА В СПИСКЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

При составлении текста на источники нужно писать порядковый номер источника в списке использованных источников. Порядковый номер источника

заключается в квадратную скобку. Если ссылаетесь на конкретную страницу данного источника, то эта страница тоже указывается. Например: [9], [9, с. 123].

Сноски оформляются внизу страницы, на которой расположен текст примечания. Для этого в конце текста примечания ставится звездочка (*) или цифра (¹), которая обозначает порядковый номер примечания. Например:

¹Федоров Г.М. Социально-экономическое развитие Калининградской области: учебное пособие. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2016. С. 25.

Если на одной и той же странице цитируется одна и та же книга, во второй сноске можно не повторять полностью ее название;

¹ Там же. С. 34.

Если та же книга цитируется на других страницах курсовой работы, то указывается ее автор, а вместо названия пишется «Указ. соч.». Например:

¹Федоров Г.М. Указ. соч. С. 5.

Графическая часть проекта выполняется на компьютере на стандартном листе чертежной бумага формата А1 и должна содержать:

- принципиальная электрическая схема проектируемой сети (А1);
- промежуточная одноцепная опора (А1);

Последовательность выполнения задания

Руководство курсовыми проектами начинается с выдачи задания студентам. В этот период необходимым условием, обеспечивающим эффективность дальнейшего руководства, является индивидуальная беседа руководителя со студентом по заданию. В ходе беседы руководитель должен выяснить степень подготовленности студента к выполнению данного задания, рекомендовать необходимую литературу и информировать о порядке выполнения задания.

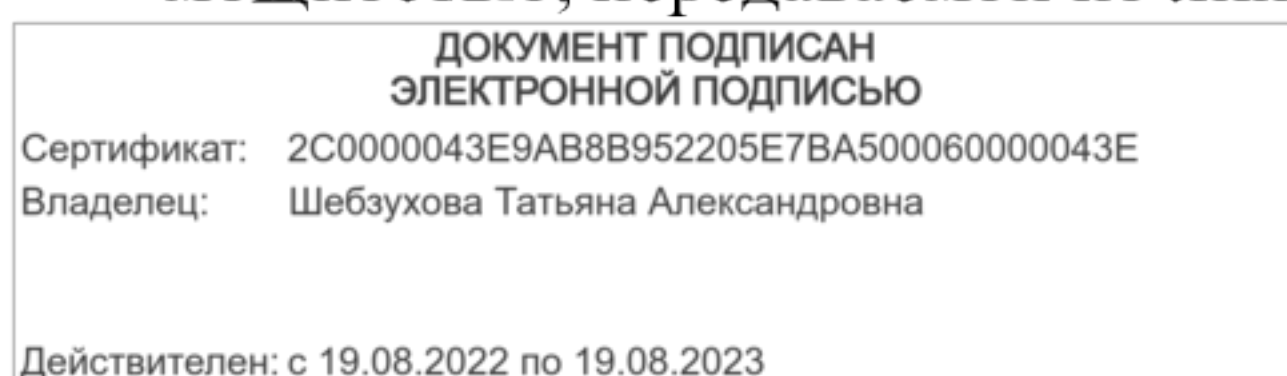
Одной из важных форм руководства является предварительный просмотр выполненного курсового проекта. После проверки руководителем выполнения одного этапа работы студенту (в случае положительного заключения) разрешается перейти к следующему этапу.

В целом последовательность выполнения курсового проекта можно представить в виде следующих этапов работы:

- первый этап (1-2 неделя) - составление плана работы и календарного плана работы на весь период;
- второй этап (3-4 неделя) - систематическая работа над литературой: сбор и анализ материала по рассматриваемой теме;
- на третьем этапе (5-16 недели) – работа над основной частью курсового проекта, которая содержит теоретическую и проектную части;
- на четвертом этапе (17-18 недели) – оформление и предоставление проекта на кафедру.

Расчет напряжения электрической сети

Номинальное напряжение линии определяется ее длиной и активной мощностью, передаваемой по линии. Длины линий известны.



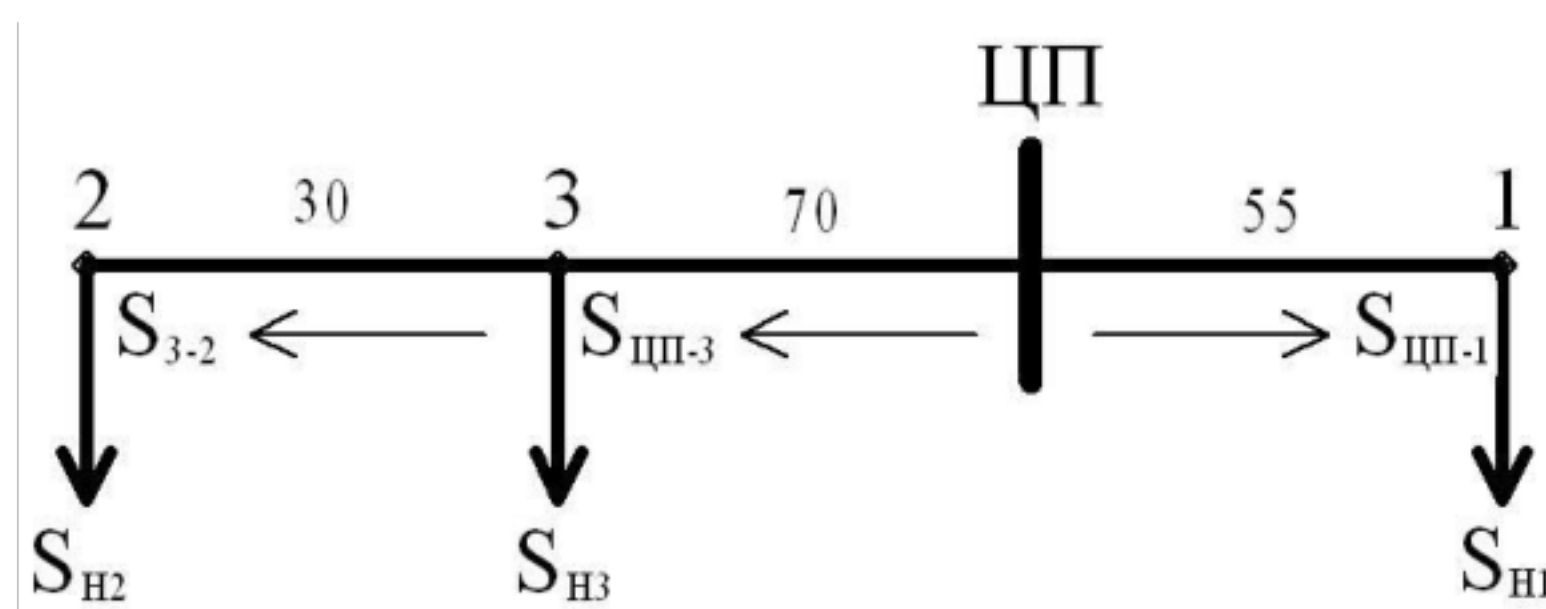


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема разомкнутой сети

Мощности, протекающие по участкам сети составляют:

$$S_{ЦП-1} = S_{H1};$$

$$S_{3-2} = S_{H2};$$

$$S_{ЦП-3} = S_{H3} + S_{H2}.$$

Приведем расчет замкнутой электрической сети (рис. 2.2). Определим предварительное потокораспределение в сети. Представим кольцевую схему сетью с двухсторонним питанием от источников А и В и зададимся произвольно направлениями мощностей в линиях (рис. 2.1).

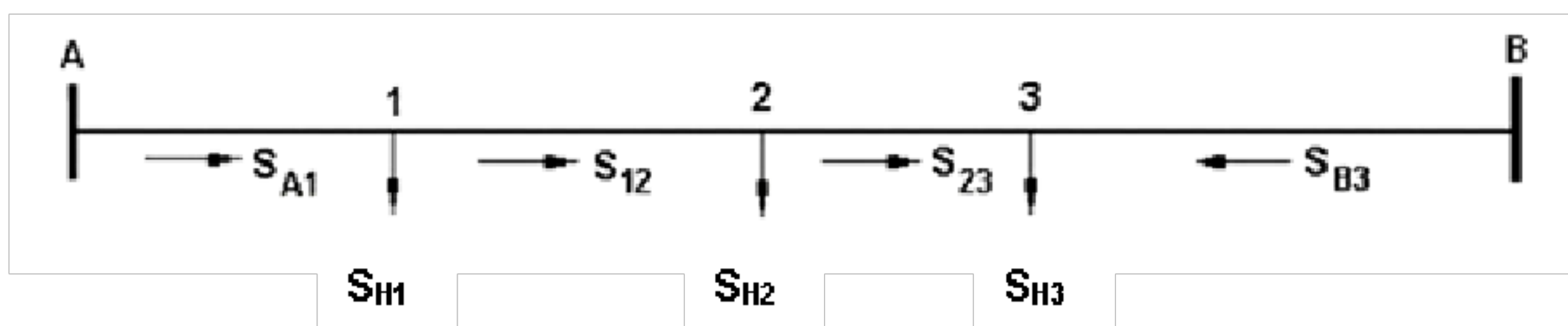


Рисунок 2.2 – Представление принципиальной схемы сети кольцевого типа сетью с двухсторонним питанием

Мощность, протекающая по головному участку А1, составляет:

$$S_{A1} = \sum_{i=1}^3 P_i L_{iB} / L_{AB} + j \sum_{i=1}^3 Q_i L_{iB} / L_{AB}$$

Мощности остальных участков электрической сети найдем по первому закону Кирхгофа, предварительно задавшись направлениями мощностей

(рис. 2.1)

$$S_{12} = S_{A1} - S_{H1}; S_{23} = S_{12} - S_{H2}; S_{B3} = S_{23} + S_{H3}.$$

Для выбора напряжения электрической сети воспользуемся формулой Залесского, Стилла и Илларионова Напряжение участка сети А1 составляет:

– формула Залесского

$$U_{ЦП-1} = 16 \cdot \sqrt[4]{P \cdot L}$$

– формула Стилла

$$U_{ном А1} = 4,34 \sqrt{L + 0,016P}$$

– формула Илларионова

$$U_{ЦП-1} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}}$$

Аналогично рассчитываются напряжения для других участков сети. Данные сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Участок сети	По формуле Залесского	По формуле Стилла	По формуле Илларионова
$U_{ЦП-1}, \text{кВ}$			
$U_{3-2}, \text{кВ}$			
$U_{ЦП-3}, \text{кВ}$			

Далее, согласно вычисленным значениям напряжения участков проектируемой сети следует принять номинальное напряжение из ряда 110, 220 кВ.

Выбор и проверка сечений ВЛ

Выбор сечений проводов ВЛ выполним по экономической плотности тока j_e . Для этого определим полную мощность и ток, протекающие по каждой линии в нормальном режиме работы сети.

Полная мощность и ток линии в линии А1 составляют

$$S_{A1} = \sqrt{P_{A1}^2 + Q_{A1}^2}$$
$$I_{A1} = S_{A1} \cdot 10^3 / \sqrt{3} U_{\text{ном}}$$

Соответственно мощность для других линий электрической сети будет определяться аналогично.

В соответствии с *приложением П1 табл. П1.1* и T_{max} выбирается экономическая плотность тока J_H . Экономические сечения каждой ВЛ составляют:

$$F_{A1} = I_{A1} / j_H$$

Полученные сечения округляем до ближайших стандартных сечений из ряда 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 330, 400, 500 и принимаем для ВЛ сталеалюминевые провода соответствующих марок.

Выполним проверку выбранных сечений по техническим ограничениям приложение П1 табл. П1.2 и П1.3.

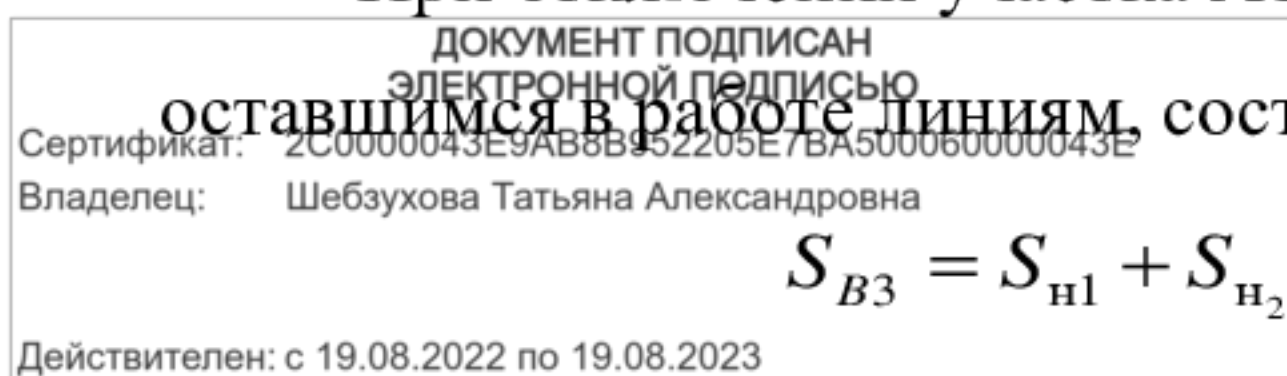
Согласно приложению П1 табл. П1.4 определяются допустимые длительные токи для выбранных сечений проводов

Для проверки выбранных сечений по допустимому нагреву рассмотрим два расчетных режима:

- аварийное отключение головного участка А1;
- аварийное отключение головного участка В3.

При отключении участка А1 полные мощности и токи, протекающие по оставшимся в работе линиям, составляют:

$$S_{B3} = S_{H1} + S_{H2} + S_{H3}; S_{32} = S_{H1} + S_{H2}; S_{21} = S_{H1}$$



$$I_{B3} = S_{A3} 10^3 / \sqrt{3} U_{ном} \text{ должен быть } < I_d;$$

$$I_{32} < I_d; I_{21} < I_d.$$

При отключении головного участка ВЗ полные мощности и токи, протекающие по оставшимся в работе линиям, составляют

$$S_{A1} = S_{н1} + S_{н2} + S_{н3}; S_{12} = S_{н2} + S_{н3}; S_{23} = S_{н3}$$

$$I_{A1} < I_d; I_{12} < I_d; I_{23} < I_{\ddot{a}}.$$

Все выбранные сечения должны удовлетворять условию допустимого нагрева длительным током. Параметры ВЛ с проводами выбранных сечений заносятся в табл. 3.1. как для разомкнутой, так и для замкнутой сети

Таблица 3.1

Линия	Провод	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, ,	L , км	R , Ом	x , Ом	$B \cdot 10^{-6}$, См	Q_c , Мвар

Выбор сечений ВЛ производим по нормальному режиму работы сети, а проверяем их по аварийному. Выбранные сечения проходят по допустимому току. Полученные сечения округляем до ближайших стандартных сечений и принимаем для ВЛ сталеалюминевые провода соответствующих марок.

Выполним проверку выбранных сечений по техническим ограничениям. В зависимости от района по гололеду проверяется условие механической прочности. Для района по гололеду II категории минимально допустимое сечение проводов на опорах $F_{\min} = 35 \text{ мм}^2$ [6]. Для высоковольтных линий напряжением 110 кВ минимально допустимое сечение проводов $F_{\min} = 70 \text{ мм}^2$ [6]. Все выбранные провода проходят по данному условию.

Параметры r_0 , x_0 , и b_0 приняты в соответствии со справочными данными III табл. III.5 и III.6. Параметры R , X , B и Q_c рассчитаны по выражениям

$$R = r_0 L; X = x_0 L;$$

$$B = b_0 L; Q_c = U_{ном}^2 B.$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Выбор трансформаторов

В соответствии с исходными данными в состав нагрузок $S_{н1}$, $S_{н2}$, $S_{н3}$ входят потребители всех категорий по надежности электроснабжения. Поэтому на каждой подстанции принимаются к установке 2 трансформатора. Мощность трансформаторов на подстанциях выбирается по аварийному режиму (один трансформатор отключен, другой берет всю нагрузку) с учетом допустимой перегрузки $k_{п} = 1,5$ для трансформаторов средней мощности

$$S_{т ном} \geq S_{н} / 1,5.$$

Тип трансформаторов выбирается из приложения П2 табл. П2.1-П2.6. В таблицу 4.1 заносятся все параметры трансформатора.

Таблица 4.1

Трансформатор	$S_{Т ном}$, кВА	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	u_k , %	I_x , %	ΔQ_x , квар	R_T , Ом	X_T , Ом

Параметры $S_{Т ном}$, $U_{ВН}$, $U_{НН}$, ΔP_x , ΔP_k , u_k , и I_x приняты в соответствии со справочными данными. Остальные параметры трансформаторов рассчитаны по следующим выражениям:

$$R_T = \Delta P_k U_{ВН}^2 10^3 / S_{Т ном}^2,$$

$$X_T = u_k \% U_{ВН}^2 10^3 / 100 S_{Т ном},$$

$$\Delta Q_x = I_x \% S_{Т ном}.$$

Примечание.

Для трансформатора с расщепленными обмотками низшего напряжения сопротивления R_T и X_T определены для случая, когда эти расщепленные обмотки работают параллельно. В случае раздельной работы этих обмоток сопротивление каждой обмотки будет в 2 раза больше.

Документ подписан
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебукова Татьяна Александровна
Действителен с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$R'_T = R''_T = 2R_T, \quad X''_T = X'_T = 2X_T.$$

После выбора номинального напряжения сети, сечений проводов воздушных линий и трансформаторов на подстанциях принципиальная схема электрической сети должна иметь вид (пример), показанный на рис. 4.1

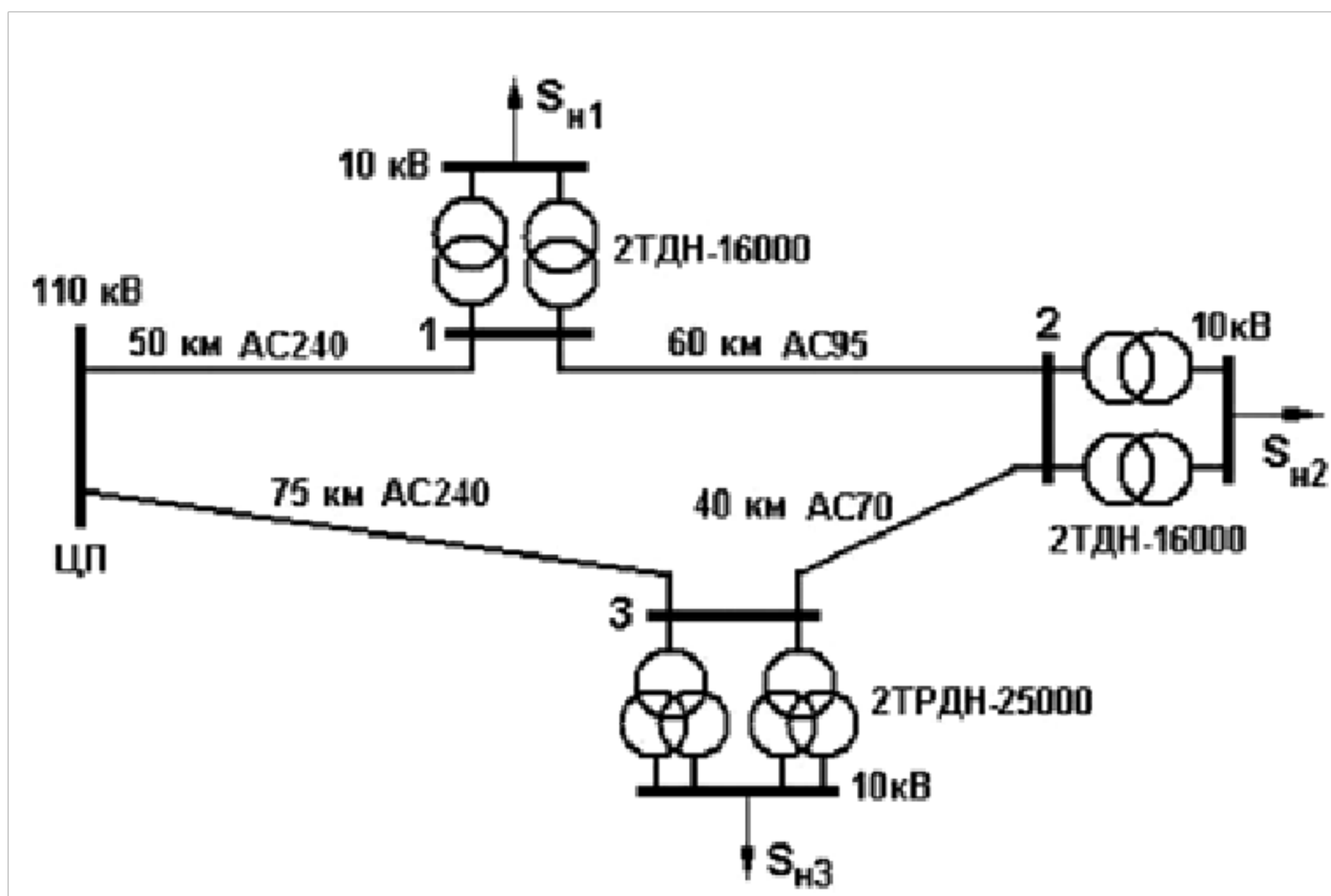


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема электрической сети

Для выбора трансформаторов на понизительных подстанциях достаточно одного расчета не зависимо от того разомкнутая или замкнутая конфигурация сети, так как мощности узлов нагрузок $S_{н1}$, $S_{н2}$, $S_{н3}$ остаются неизменными, так же как и напряжение сети.

Анализ и обоснование схем электрической сети и понижительных подстанций. Разомкнутая электрическая сеть

Расчет производится по укрупненным показателям стоимости сети [8].

Порядок расчета схемы разомкнутой сети представлен ниже (рисунок 6.1)

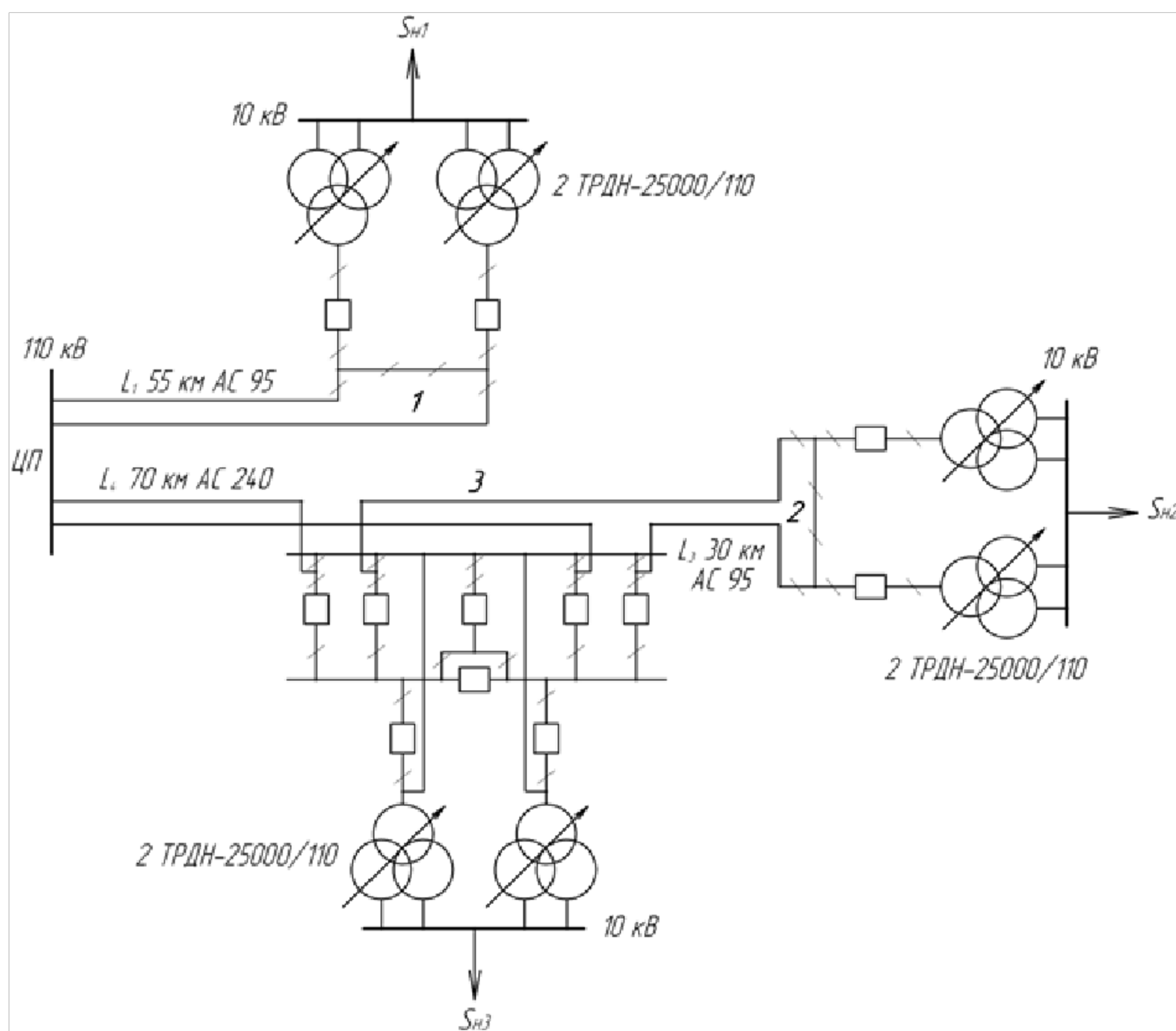


Рисунок 6.1 – Пример принципиальной схемы разомкнутой сети

Стоимость ЛЭП на железобетонных опорах:

$$K_{ЛП} = \Pi \cdot L_i \cdot n, \text{ руб.};$$

где Π_0 - укрупненный показатель стоимости опор,

L_i - длина линии,

n - число цепей линии.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E7A4B3B532203E7BA300060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Общая стоимость ЛЭП:

$$K_{\text{Л}} = \sum_{i=1}^n K_{i\text{Л}}$$

Стоимость ячеек масляных выключателей:

$$K_{\text{яч.}} = \Pi_{\text{я}} \cdot n, \text{ руб.}$$

где $\Pi_{\text{я}}$ - укрупненный показатель стоимости ячейки,

n - число ячеек.

Стоимость силовых трансформаторов:

$$K_{\text{тр.}} = \Pi_{\text{тр.}} \cdot n, \text{ руб.}$$

Постоянная часть затрат:

$$K_{\text{пост.}} = \Pi_{\text{пост.}} \cdot n, \text{ руб.}$$

Стоимость понизительных подстанций:

$$K_{\text{подст.}} = K_{\text{яч.}} + K_{\text{тр.}} + K_{\text{пост.}}$$

Стоимость сети:

$$K_{\text{сн}} = K_{\text{Л}} + K_{\text{подст.}},$$

Потери в линиях, кВт:

$$\Delta P_{\text{max Л1}} = \frac{S_{\text{ЦП-1}}^2}{U^2} \cdot R_{\text{Л1}}$$

$$\Delta P_{\text{max Л3}} = \frac{S_{3-2}^2}{U^2} \cdot R_{\text{Л3}}$$

$$\Delta P_{\text{max Л4}} = \frac{S_{\text{ЦП-1}}^2}{U^2} \cdot R_{\text{Л4}}$$

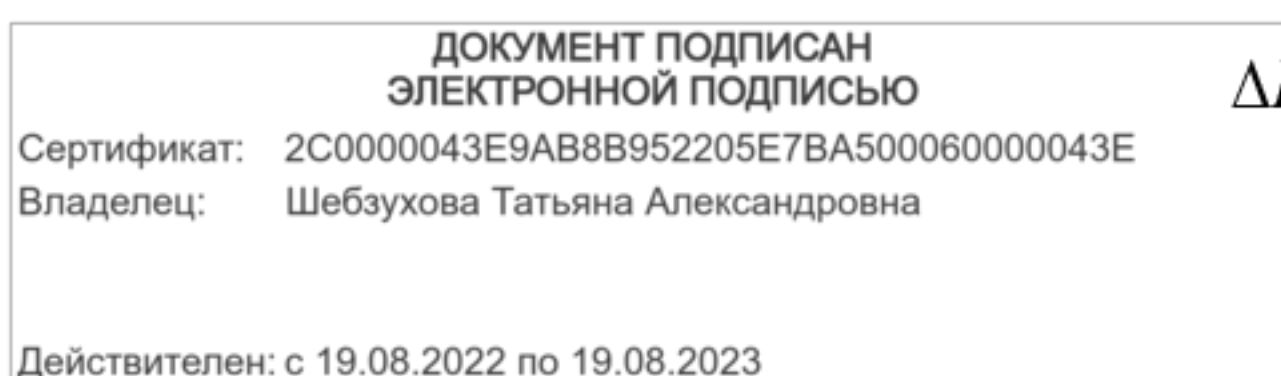
Общие потери в линиях:

$$\sum \Delta P_{\text{max Л}} = \Delta P_{\text{max Л1}} + \Delta P_{\text{max Л3}} + \Delta P_{\text{max Л4}}, \text{ кВт.}$$

Потери на подстанциях, кВт:

$$\Delta P_{\text{max подст.1}} = \frac{S_1^2}{U^2} \cdot R_T / 2,$$

$$\Delta P_{\text{max подст.2}} = \frac{S_2^2}{U^2} \cdot R_T / 2,$$



$$\Delta P_{\max \text{ подст.3}} = \frac{S_3^2}{U^2} \cdot R_T / 2,$$

Общие потери на подстанциях:

$$\sum \Delta P_{\max \text{ подст.}} = \Delta P_{\max \text{ подст.1}} + \Delta P_{\max \text{ подст.2}} + \Delta P_{\max \text{ подст.3}}, \text{ кВт.}$$

Время наибольших потерь:

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \text{ ч}$$

Общие потери в сети:

$$\sum \Delta P_{\max} = \sum \Delta P_{\max \text{ Л}} + \sum \Delta P_{\max \text{ подст.}} + \sum \Delta P_{\text{х.х}}, \text{ кВт.}$$

Переменные потери:

$$\Delta W' = \tau \cdot \sum \Delta P_{\max}, \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Постоянные потери:

$$\Delta W'' = \sum \Delta P_{\text{х.х}} \cdot T, \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Стоимость потерь электроэнергии:

$$I_{\Delta W} = C' \cdot \Delta W' + C'' \cdot \Delta W'', \text{ руб.}$$

где $C' = 3,1 \text{ руб./кВтч}$, $C'' = 1,5 \text{ руб./кВтч}$.

Эксплуатационные затраты:

$$I_{\text{э}} = \frac{a_{\text{Л}} \cdot K_{\text{Л}}}{100} + \frac{a_{\text{подст.}} \cdot K_{\text{подст.}}}{100} + I_{\Delta W}, \text{ руб.}$$

где $a_{\text{Л}}$ - доля затрат на эксплуатацию линии, 2,6-2,8 %

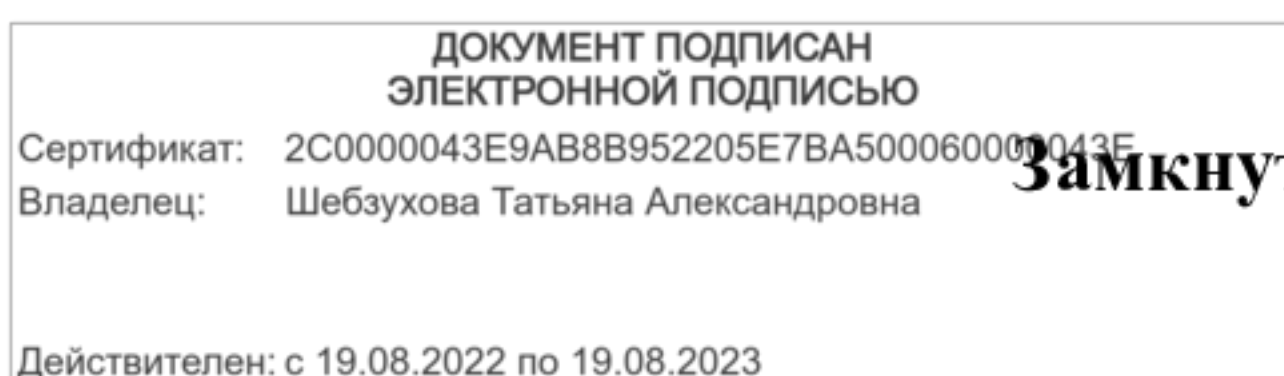
$a_{\text{подст.}}$ - доля затрат на эксплуатацию подстанции = 9,2-9,6 %

Общие затраты, руб.:

$$З_{\text{общ.}} = K_{\text{эс}} + I_{\text{э}},$$

Приведенные затраты, руб.:

$$З_{\text{пр.}} = P_{\text{н}} \cdot З_{\text{общ.}},$$



Замкнутая электрическая сеть

Расчет замкнутой сети производим по укрупненным показателям стоимости сети [8], аналогично методики, представленной выше.

Пример принципиальной схемы замкнутой сети имеет вид, показанный на рисунке 6.2.

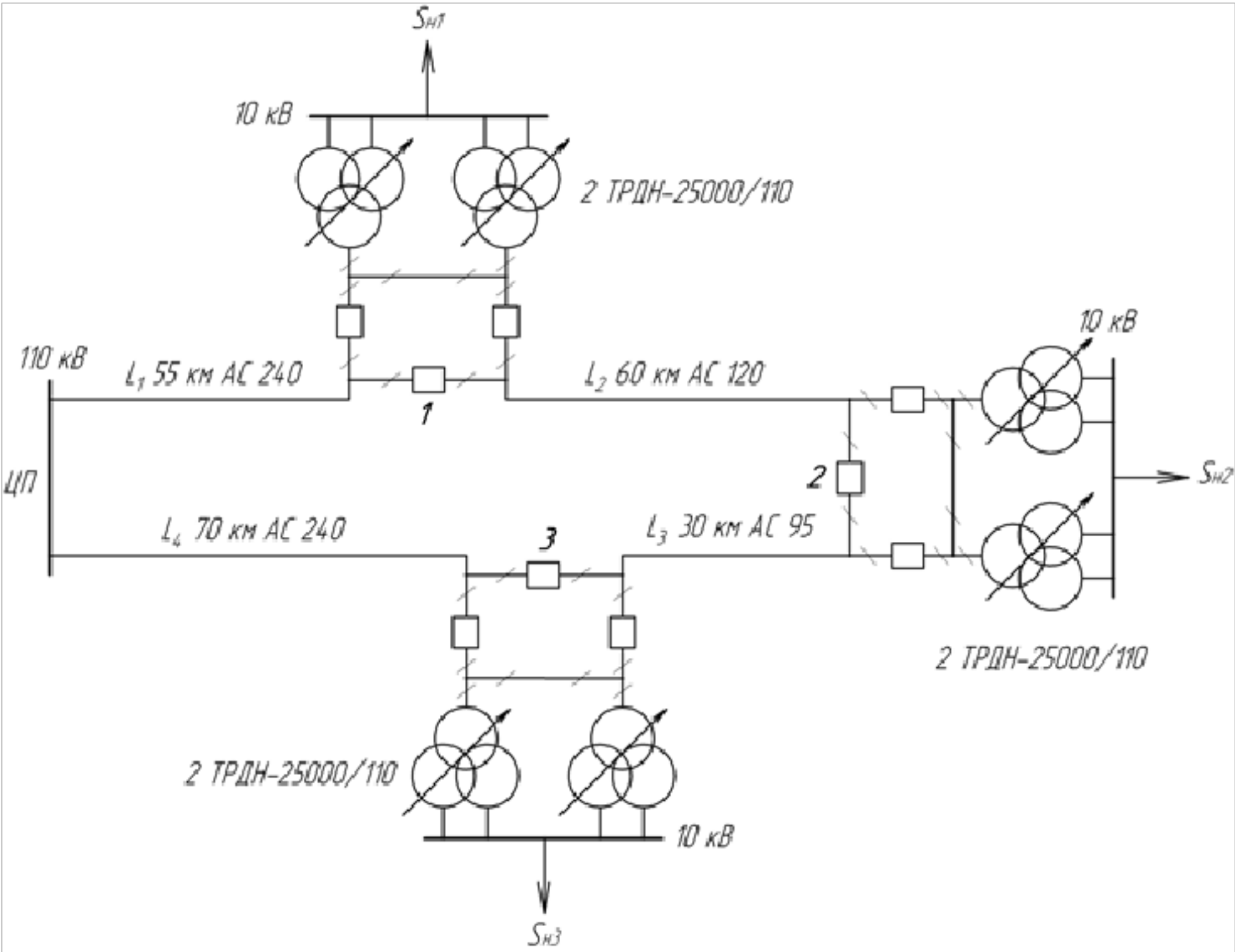


Рисунок 6.2 – Принципиальная схема замкнутой электрической цепи

Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов электрических сетей в (руб.) сведётся в таблицу 6.1.

Таблица 1.6

Вариант	$K_{л}$	$K_{яч.}$	$K_{тр.}$	$K_{пост.}$	$K_{подст.}$	$K_{эс}$	$I_{з}$	$З_{общ.}$	$З_{пр.}$
I									
II									

Исходя из технико-экономических показателей стоимости сравниваемых вариантов электрической сети, принимаем к проектированию такую конфигурацию сети, которая экономически целесообразна, как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

Электронный цифровой

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приведение нагрузок узлов к стороне высшего напряжения

Схема замещения узла 1 проектируемой электрической сети имеет вид, показанный на рис. 7.1.

Активная нагрузка узла 1, приведенная к высшему напряжению, будет отличаться от нагрузки P_{H1} на величину потерь активной мощности в трансформаторах:

$$P_1 = P_{H1} + 2\Delta P_{x1} + \Delta P_{kl} S_{H1}^2 / 2S_{T \text{ ном}}$$

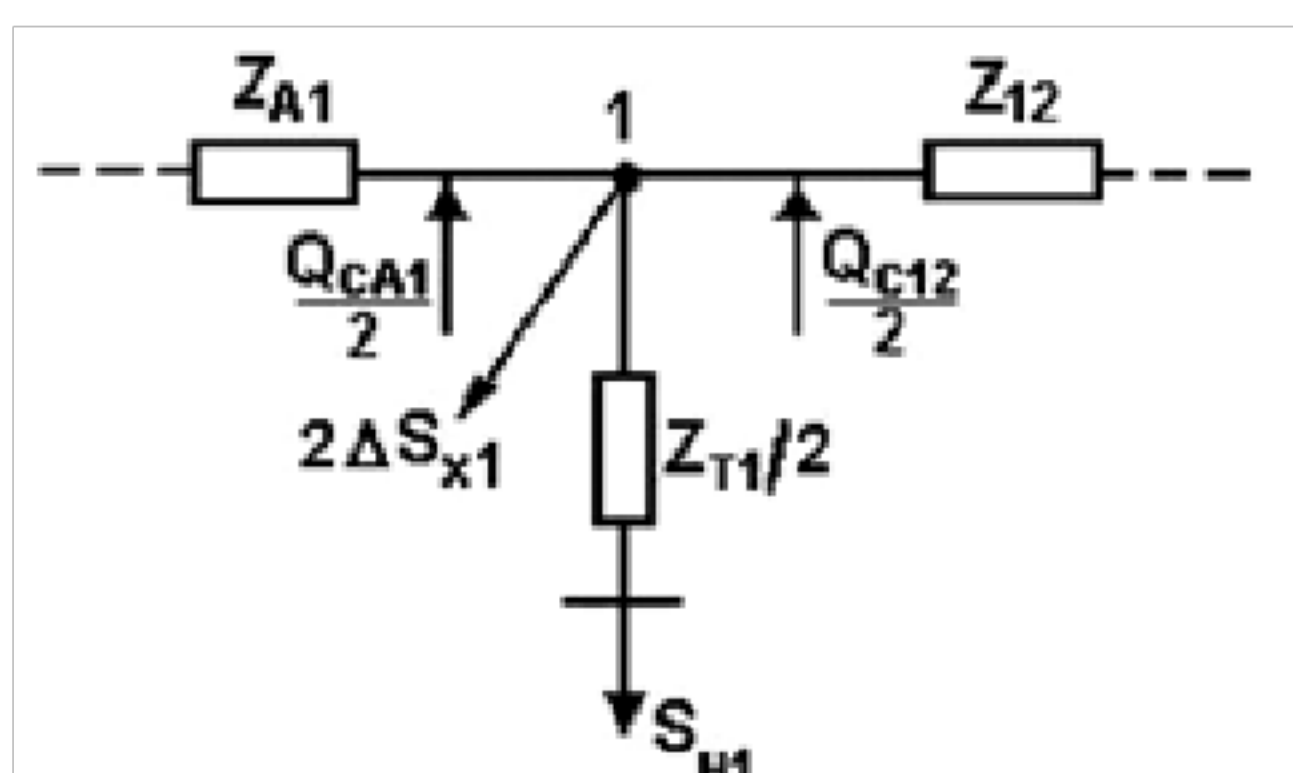


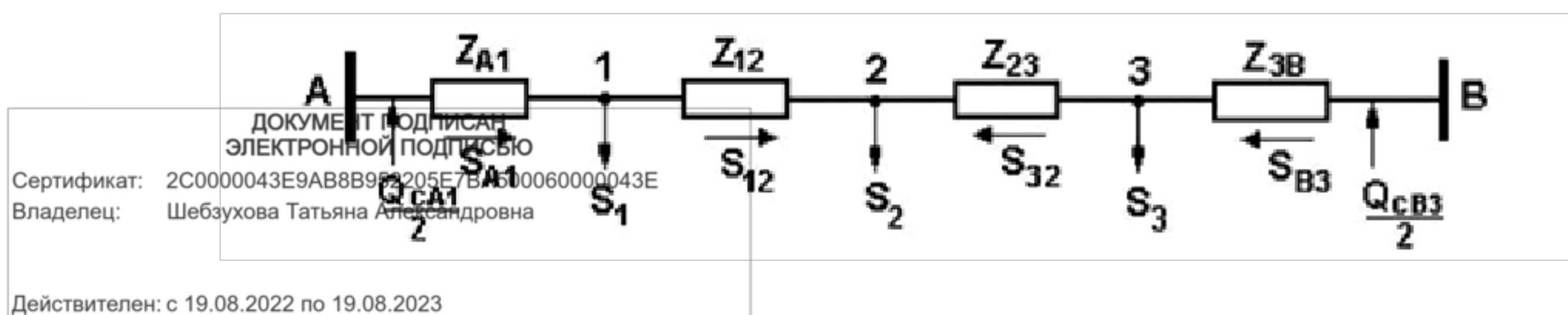
Рисунок 7.1 – Схема замещения 1-го узла электрической сети

Реактивная нагрузка узла 1, приведенная к высшему напряжению, будет отличаться от нагрузки Q_{H1} на величину потерь реактивной мощности в трансформаторах и на величину половин зарядных мощностей ВЛ, примыкающих к узлу 1

$$Q_1 = Q_{H1} + 2\Delta Q_{x1} + u_k \% S^2 / 2 \cdot 100 S_{T \text{ ном}} - (Q_{CA1} + Q_{C12}) / 2$$

Приведение нагрузок узлов 2 и 3 к высшему напряжению осуществляется аналогично.

После приведения нагрузок узлов 1, 2 и 3 к высшему напряжению схема замещения электрической сети будет иметь вид, показанный на рис. 5.2.



Расчет установившегося режима электрической сети

В результате расчета установившегося режима электрической сети определяются:

- точное потокораспределение в сети;
- напряжения в узлах сети для оценки качества напряжения и необходимости его регулирования.

Предварительное потокораспределение в сети найдем без учета потерь мощности. Для определения мощностей, протекающих по головным участкам А1 и В3, воспользуемся выражением

$$S_{A1} = (S_1 Z_{1B}^* + S_2 Z_{2B}^* + S_3 Z_{3B}^*) / Z_{AB}^*.$$
$$S_{B3} = (S_3 Z_{3A}^* + S_2 Z_{2A}^* + S_1 Z_{1A}^*) / Z_{AB}^*.$$

Для проверки правильности выполненного расчета проверим условие:

$$S_{A1} + S_{B3} = S_1 + S_2 + S_3.$$

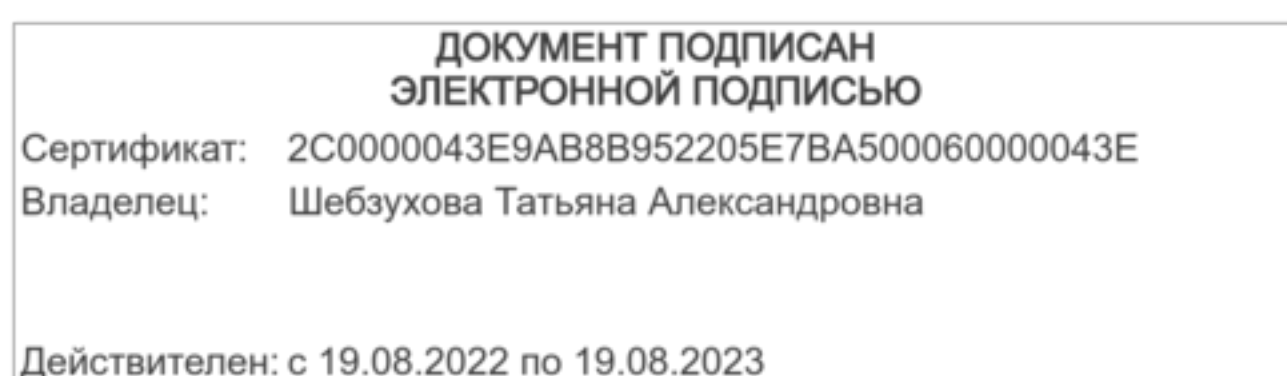
Если условие выполняется, то расчет мощности головных участков выполнен правильно.

Мощности остальных участков находится согласно первому закону Кирхгофа:

$$S_{12} = S_{A1} - S_1; \quad S_{32} = S_{B3} - S_3.$$

Выбирается узел потокораздела, например, узел 2, поскольку к этому узлу мощности притекают с разных сторон. Узел потокораздела обозначен на схеме замещения значком ▼.

В результате выполненного расчета кольцевая сеть условно делится по узлу 2 на две разомкнутые схемы (рис. 6.1).



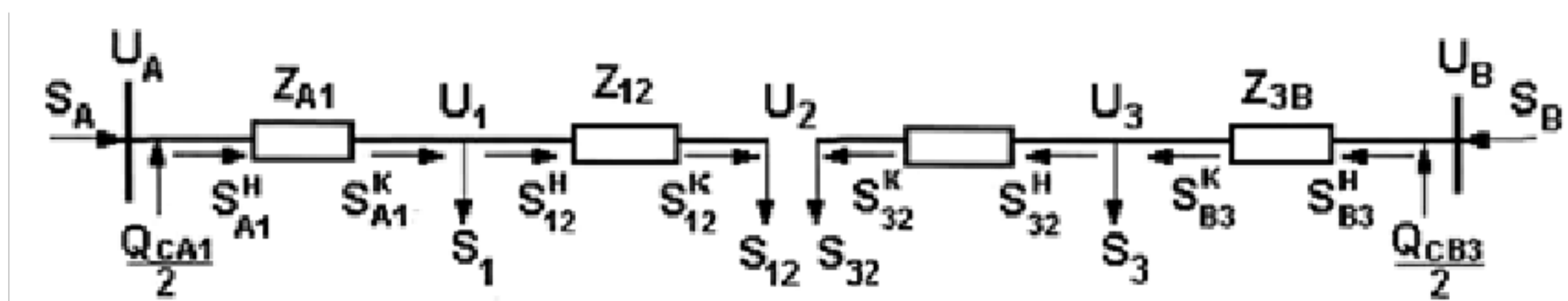


Рисунок 8.1 – Деление кольцевой схемы на две разомкнутые схемы

Мощность в конце участка 12.

Расчет двух разомкнутых схем выполним в соответствии с ниже изложенным алгоритмом. Этот расчет включает в себя два этапа. На первом этапе определяем уточненное потокораспределение в сети. Расчет ведем при напряжении сети, равном номинальному. Рассмотрим подробно расчет левой части схемы рис. 6.1.

Мощность в конце участка 12.

$$S_{12}^{\kappa} = S_{12}$$

Потери мощности в линии 12 составляют

$$\Delta P_{12} = (S_{12}^{\kappa})^2 R_{12} / U_{ном}^2 ;$$

$$\Delta Q_{12} = (S_{12}^{\kappa})^2 X_{12} / U_{ном}^2 .$$

Мощность в начале линии 12 составляет

$$S_{12}^H = S_{12}^{\kappa} + \Delta S_{12} .$$

Мощность в конце линии A1 определится по первому закону Кирхгофа

$$S_{A1}^{\kappa} = S_{12}^H + S_1 .$$

Потери мощности в линии A1 составляют

$$\Delta P_{A1} = (S_{A1}^{\kappa})^2 R_{A1} / U_{ном}^2 ;$$

$$\Delta Q_{A1} = (S_{A1}^{\kappa})^2 X_{A1} / U_{ном}^2 .$$

Мощность в начале линии A1 составляет

$$S_{A1}^H = S_{A1}^{\kappa} + \Delta S_{A1} .$$

Мощность, требуемая от источника A, определяется по первому закону Кирхгофа

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$S_A = S_{A1}^H - jQ_{cA1} / 2$$

Совершенно аналогично выполняется первый этап расчета для правой части схемы рис. 6.1.

На втором этапе расчета определяются напряжения в узлах сети. Напряжение в центре питания (на узловой подстанции) в режиме наибольшей нагрузки составляет $U_A = U_B = (1,03..1,04)U_{ном}$ кВ. Падение напряжения в линии A1 в соответствии с выражением будет

$$\Delta U_{A1} = \Delta U_{A1} + j\delta U_{A1} \left((P_{A1}^H R_{A1} + Q_{A1}^H X_{A1}) + j(P_{A1}^H X_{A1} - Q_{A1}^H R_{A1}) \right) / U_A$$

Модуль напряжения в узле 1 составляет

$$U_1 = \sqrt{(U_A - \Delta U_{A1})^2 + \delta U_{A1}^2}$$

Напряжение в узле 1 при учете только продольной составляющей падения напряжения составляет

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A1}$$

Влияние поперечной составляющей падения напряжения в сети очень невелико. Поэтому в дальнейшем при расчете напряжений с целью упрощения будет учитываться только продольная составляющая падения напряжения, называемая потерей напряжения.

Потеря напряжения в линии 12 составляет

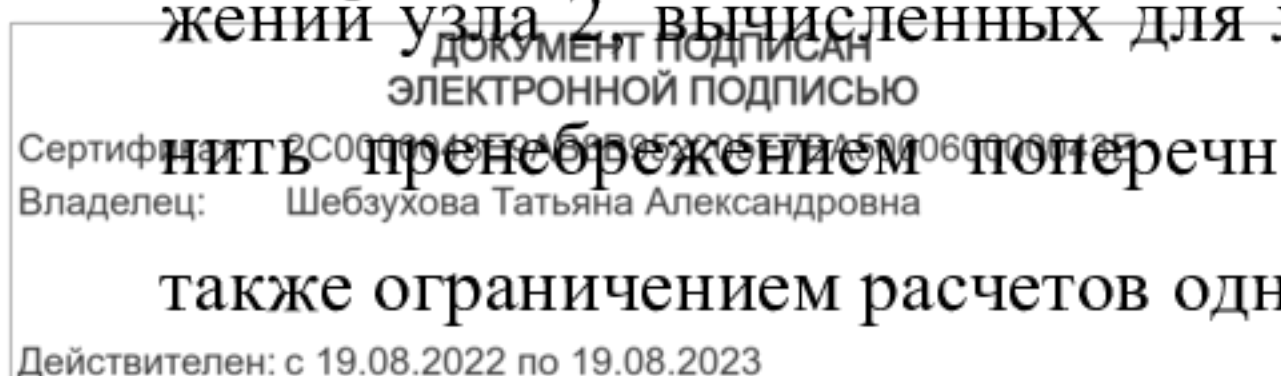
$$\Delta U_{12} = (P_{12}^H R_{12} + Q_{12}^H X_{12}) / U_1$$

Напряжение в узле 2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12}$$

Совершенно аналогично выполняется второй этап расчета для правой части схемы рис. 6.1. Потери напряжения и величины напряжений в узлах в соответствии с обозначениями, указанные на схеме рис. 6.1, $\Delta U_{B3}, U_3, \Delta U_{32}, U_2$

Ограничимся в расчетах одной итерацией. Некоторое отличие напряжений узла 2, вычисленных для левой и правой частей схемы можно объяснить пренебрежением поперечной составляющей падения напряжения, а также ограничением расчетов одной итерацией.



Расчет напряжений на вторичной обмотке трансформаторов

Расчет напряжения на вторичной обмотке трансформаторов рассмотрим на примере узла 3, схема замещения которого приведена на рис. 9.1.

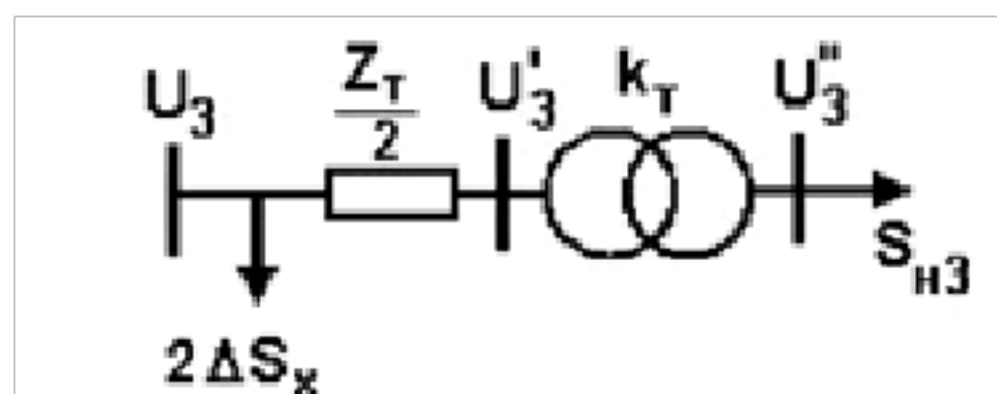


Рисунок 9.1 – Схема замещения узла 3

Потеря напряжения в двух трансформаторах узла 3 составляет

$$\Delta U_{т3} = (P_{н3} R_T + Q_{н3} X_T) / 2U_{ном}.$$

Напряжение на вторичной обмотке трансформаторов, приведенное к первичной обмотке:

$$U'_3 = U_3 - \Delta U_{т3}.$$

Действительное напряжение на вторичной обмотке трансформаторов при номинальном коэффициенте трансформации

$$U''_3 = U'_3 / k_T.$$

Аналогичные расчеты выполняются для узлов 1 и 2:

В соответствии с требованиями ПУЭ в режиме наибольшей нагрузки напряжения U''_1 , U''_2 и U''_3 должны быть не ниже номинального вторичного напряжения трансформатора кВ. Если это условие не выполняется, то на соответствующих подстанциях необходимо выполнить регулирование напряжения.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Регулирование напряжения

Выбранные выше трансформаторы (ТДН и ТРДН) имеют устройство РПН с диапазоном регулирования напряжения $\pm 91,78\%$. Необходимо оценить достаточность диапазона регулирования напряжения для поддержания напряжений на вторичной обмотке трансформаторов на требуемом уровне.

Выбор регулировочных ответвлений РПН выполним для узла с самым низким уровнем напряжения. Для трансформаторов, установленных в этом узле, необходимо переключить РПН с нулевого ответвления на требуемое ответвление $U_{\text{отв } T}$, т.е. изменить номинальный коэффициент трансформации k_{T2} до требуемого значения $k_{T2\ T}$, обеспечивающего на вторичной обмотке трансформаторов требуемое напряжение $U_{2T}'' \geq U_{2T\ \text{ном}}$ кВ. В соответствии с выражением (7.6) напряжение требуемого регулировочного ответвления

$$U_{\text{отв } T} = U_2' U_{HH} / U_{2T}''.$$

Полученное напряжение требуемого регулировочного ответвления округляется до ближайшего i -го стандартного значения, которое подбирается по выражению:

$$U_{\text{отв } i} = U_{BH} \pm i \cdot 1,78 \cdot U_{BH} / 100$$

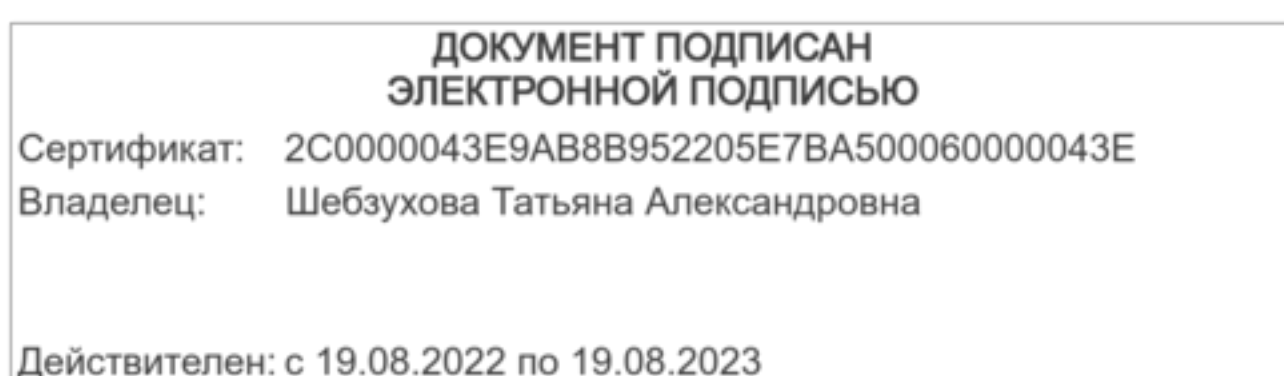
или из П2 табл. П2.1-П2.6.

Действительное напряжение на вторичной обмотке трансформаторов после регулирования

$$U_{2д} = U_2' U_{HH} / U_{\text{отв } -п}.$$

Далее оценивается достаточность диапазона регулирования для поддержания на требуемом уровне напряжения на вторичной обмотке трансформаторов в выбранном узле.

Регулирование напряжения в узлах 1 и 3 выполняется аналогично.



Оценка экономической эффективности электрической сети

Экономичность режима электрической сети оценивается по величине потерь мощности и электроэнергии.

Суммарные потери активной мощности в сети определяются как разность между активной мощностью, требуемой от источника питания, и активной мощностью нагрузок. Активная мощность, требуемая от источника питания, определена при расчете установившегося режима электрической сети и составляет

$$P = P_A + P_B, \text{ МВт}$$

Суммарная активная мощность нагрузок согласно исходным данным составляет $P_{н\Sigma}$, МВт.

Суммарные потери активной мощности

$$\Delta P_{\Sigma} = P - P_{н\Sigma}$$

Доля потерь от активной мощности, отпущенной потребителям, составляет

$$\Delta P_{\Sigma} \% = \Delta P_{\Sigma} 100 / P.$$

Доля потерь от потребляемой активной мощности

$$\Delta P_{\Sigma} \% = \Delta P_{\Sigma} 100 / (P_{н1} + P_{н2} + P_{н3}).$$

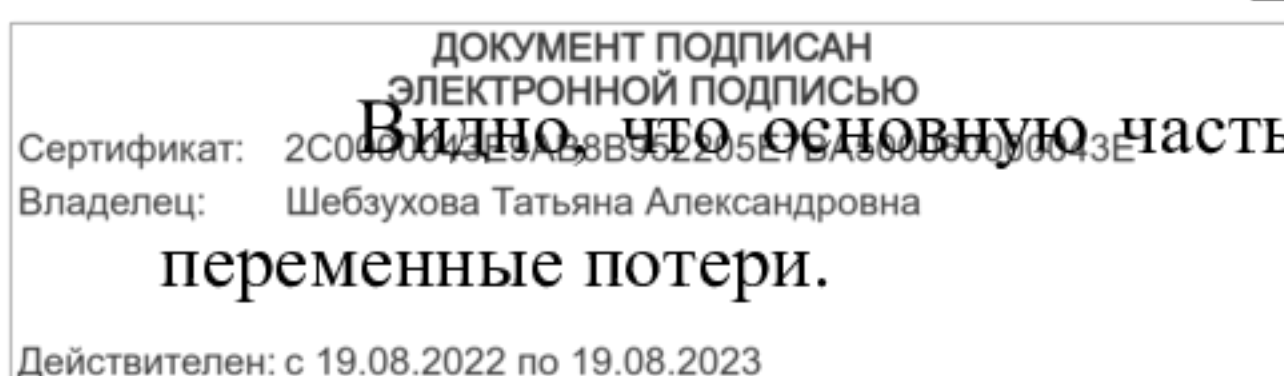
Суммарные потери активной мощности условно делятся на переменные $\Delta P_{\Sigma}'$ и постоянные $\Delta P_{\Sigma}''$. Постоянные потери или потери в сердечниках трансформаторов в соответствии с табл. 4.1 составляют

$$\Delta P_{\Sigma}'' = 2\Delta P_{x1} + 2\Delta P_{x2} + 2\Delta P_{x3}$$

Остальная часть суммарных потерь мощности - это переменные потери в активных сопротивлениях линий и трансформаторов

$$\Delta P_{\Sigma}' = \Delta P_{\Sigma} - \Delta P_{\Sigma}'',$$

Видно, что основную часть суммарных потерь (96... 97%) составляют переменные потери.



Годовые потери электроэнергии в соответствии с формулой составят

$$\Delta W_{\text{год}} = \Delta P_{\Sigma}' \tau + \Delta P_{\Sigma}'' T_{\text{вкл}}, \text{ } MBt \cdot \text{ч}$$

Число часов наибольших потерь в соответствии с эмпирической формулой

$$\tau_{\text{max}} = (0.124 + T_{\text{max}} 10^{-4})^2 8760.$$

Доля потерь от электроэнергии, отпущенной потребителям, составляет

$$\Delta W_{\text{год}} \% = \Delta W_{\text{год}} 100 / (PT_{\text{max}}).$$

Расчет конструктивной части ВЛ

Выполнить расчет провода АС одноцепной ВЛ напряжением $U_{\text{ном}}$ кВ, сооружаемой на стальных или железобетонных опорах в населенной местности типа В (низкоэтажная застройка). Расчетные климатические условия выбираются из приложения ПЗ табл. ПЗ.5.

Выбор опоры

На основании исходных данных из приложения 3 табл. ПЗ.3 предварительно выбирается промежуточная, одноцепная опора на напряжение $U_{\text{ном}}$ кВ

Габаритный пролет для этой опоры l_r м. Расчетный пролет принимаем равным $l = (0,6-0,9) * l_r$ м.

Необходимо выписать геометрические размеры опоры в соответствии с приложением 3 табл. ПЗ.3:

$$H, \text{ м}; h_{\text{т-п}}, \text{ м}; h_{\text{п-з}}, \text{ м}; h_{\text{п-п}}, \text{ м}; \lambda, \text{ м}$$

где λ - длина гирлянды изоляторов.

Удельные нагрузки на провод

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Из таблицы физико-механических характеристик проводов (приложение 3 табл. ПЗ.1) находим вес одного километра провода P , Н/км и диаметр провода d , мм.

Далее по формулам рассчитаем удельные нагрузки.

Удельная нагрузка от собственного веса провода

$$p_1 = P \cdot 10^{-3} / \Gamma.$$

Максимально допустимая стрела провеса провода определяется по выражению

$$[f] = h_{\text{п-з}} - \lambda - h_{\text{г}}.$$

где $h_{\text{г}}$, м, габарит ВЛ, принятый по табл. ПЗ.6.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов определяется по выражению

$$h_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^m h_i}{m} - \lambda - \frac{2}{3}[f].$$

Удельная нормативная нагрузка от веса гололеда на проводе определяется по формуле

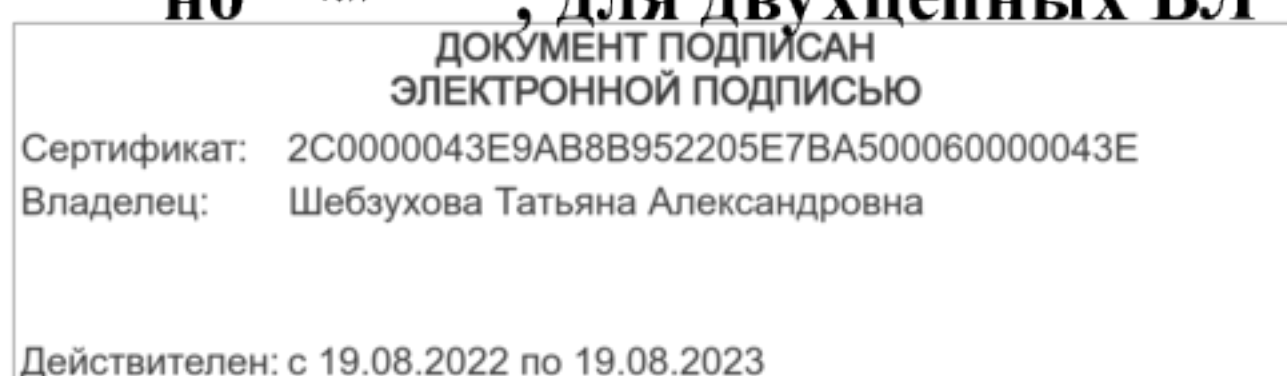
$$p_{2i} = \pi g_0 K_i K_d b(d + K_i K_{d0} b) / \Gamma.$$

где коэффициенты K_i и K_d приняты по табл. ПЗ.7.

Удельная расчетная нагрузка от веса гололеда на проводе составляет

$$P_2 = P_{2н} \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f \gamma_d$$

где γ_{nw} - коэффициент надежности по ответственности ВЛ, зависящий от напряжения и количества цепей; для ВЛ до 220 кВ включительно $\gamma_{nw} = 1$; для двухцепных ВЛ $\gamma_{nw} = 1,3$ независимо от напряжения;



$$p_{5н} = \alpha_w K_i K_w C_x W_{\Gamma} (d + 2K_i K_d b_{\text{э}}) \cdot 10^{-3} / \Gamma$$

где $C_x=1,2$ для всех проводов, покрытых гололедом; остальные составляющие указаны выше;

$W_{\Gamma}=0,25 \text{ W}$ - ветровое давление при гололеде.

Удельные расчетные ветровые нагрузки при отсутствии и наличии гололеда в соответствии с формулами составляют

$$P_4 = P_{4н} \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f,$$

$$P_5 = P_{5н} \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f,$$

где $\gamma_f=1,1$ - коэффициент надежности по ветровой нагрузке.

Расчетная удельная нагрузка от ветра и веса провода без гололеда в соответствии с формулой составляет

$$p_6 = \sqrt{p_1^2 + p_4^2}.$$

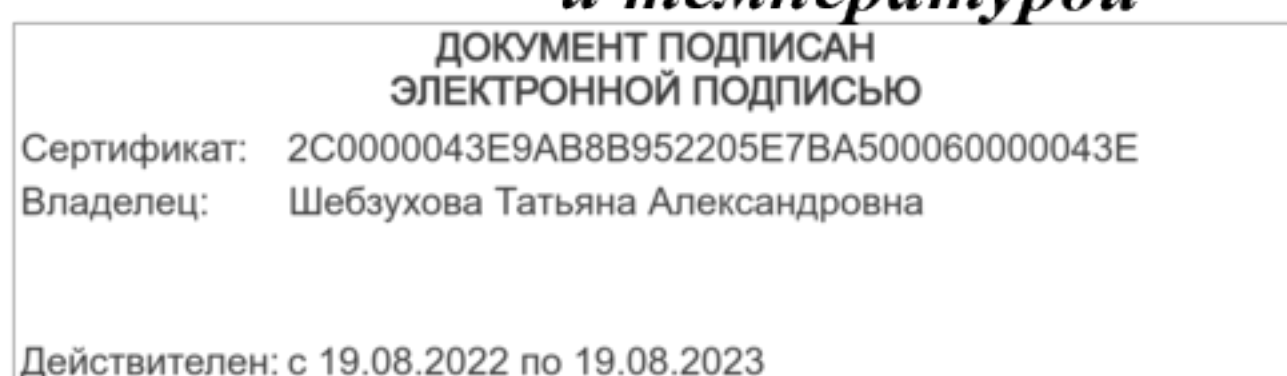
Расчетная удельная нагрузка от веса провода, покрытого гололедом, и ветра в соответствии с формулой составляет

$$p_7 = \sqrt{p_3^2 + p_5^2}.$$

Выбирается наибольшая расчетная удельная нагрузка $p_{\max}$.

Для расчета проводов на механическую прочность регламентируют следующие сочетания климатических условий (режимы):

1. *Режим низшей температуры при отсутствии ветра и гололеда, характеризуемый удельной расчетной нагрузкой p_1 и температурой $\Theta_{\min}$;*
2. *Режим среднегодовой температуры при отсутствии ветра и гололеда, характеризуемый удельной расчетной нагрузкой p_1 и температурой $\Theta_{\text{ср}}$;*



3. Режим наибольшей внешней нагрузки, характеризуемый удельной расчетной нагрузкой $p_{\max}$ и температурой

$$\Theta_r = \Theta_B = -5^\circ\text{C}.$$

В режиме 3 в качестве наибольшей удельной расчетной нагрузки $p_{\max}$ принимается нагрузка p_6 или p_7 . При соотношении $p_7 > p_6$ принимается $p_{\max} = p_7$, при соотношении $p_6 > p_7$ принимается $p_{\max} = p_6$.

Определение исходного режима провода

В качестве исходного режима предварительно примем режим наибольшей внешней нагрузки. Параметры этого режима необходимо выписать $p_{\max}$, Θ_r , $\sigma_{p_{\max}} = [\sigma_{p_{\max}}]$ из приложения ПЗ табл. ПЗ.1.

Значение температуры гололедообразования $\Theta_{\text{г}} = -5^\circ\text{C}$ принято в соответствии с рекомендациями ПУЭ.

По выражению вычислим левую часть уравнения состояния провода

$$C = [\sigma_{p_{\max}}] + \alpha E \Theta_r - p_{\max}^2 l^2 E / (24 [\sigma_{p_{\max}}]^2).$$

В правую часть уравнения состояния провода подставим параметры режима низшей температуры p_1 , $\Theta_{\min}$. Коэффициенты А и В неполного кубического уравнения будут соответственно равны

$$A = \alpha E \Theta_{\min} - C.$$

$$B = -p_1^2 l^2 E / 24.$$

Неполное кубическое уравнение для режима низшей температуры будет иметь вид

$$\sigma_{\Theta_{\min}}^3 + A \sigma_{\Theta_{\min}}^2 - B = 0.$$

Решение этого уравнения дает величину механического напряжения в проводе в режиме низшей температуры $\sigma_{\Theta_{\min}}$, даН/мм².

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

$$A = \alpha E \Theta_{\text{ср}} - C.$$

$$B = -p_1^2 l^2 E / 24.$$

Неполное кубическое уравнение для режима среднегодовой температуры будет иметь вид

$$\sigma_{\Theta_{\text{ср}}}^3 + A\sigma_{\Theta_{\text{ср}}}^2 - B = 0.$$

В правую часть уравнения состояния подставим параметры режима среднегодовой температуры $p_1, \Theta_{\text{ср}}$.

Решение этого уравнения дает величину механического напряжения в проводе в режиме среднегодовой температуры $\sigma_{\Theta_{\text{ср}}}$, даН/мм².

Проверяем условия механической прочности провода:

- в режиме наибольшей внешней нагрузки $\sigma_{p_{\text{max}}} \leq [\sigma_{p_{\text{max}}}]$;
- в режиме минимальной температуры $\sigma_{\Theta_{\text{min}}} < [\sigma_{\Theta_{\text{min}}}]$;
- в режиме средней температуры $\sigma_{\Theta_{\text{ср}}} < [\sigma_{\Theta_{\text{ср}}}]$.

Если условия выполняются, то исходный режим выбран правильно.

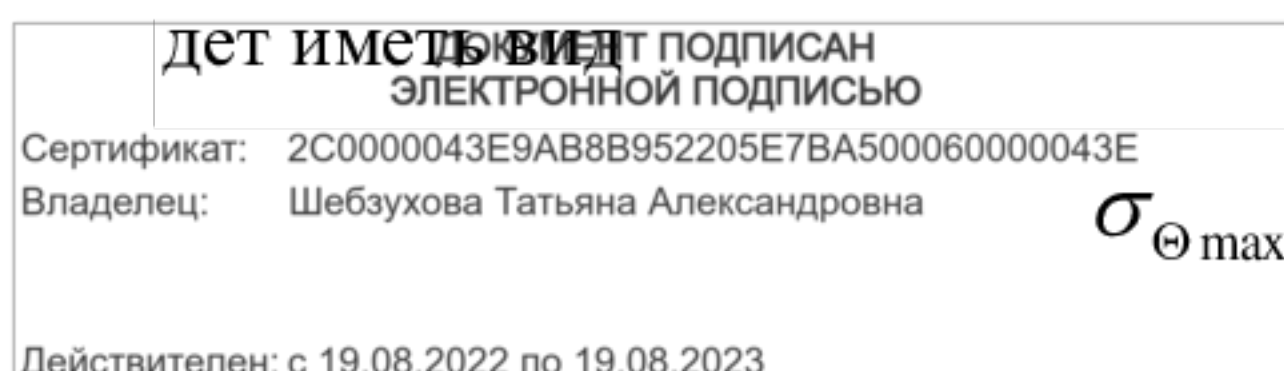
Расчет монтажных стрел провеса провода

Для двух значений температуры Θ_{min} и $\Theta_{\text{ср}}$ величины механического напряжения в проводе вычислены выше и составляют соответственно $\sigma_{\Theta_{\text{min}}}$ и $\sigma_{\Theta_{\text{ср}}}$. Выполним расчет механического напряжения в проводе для режима высшей температуры Θ_{max} . В правую часть уравнения состояния провода подставим параметры режима высшей температуры p_1, Θ_{max} . Коэффициенты A и B неполного кубического уравнения будут соответственно равны

$$A = \alpha E \Theta_{\text{max}} - C.$$

$$B = -p_1^2 l^2 E / 24.$$

Неполное кубическое уравнение для режима высшей температуры бу-



$$\sigma_{\Theta_{\text{max}}}^3 + A\sigma_{\Theta_{\text{max}}}^2 - B = 0.$$

Решение этого уравнения дает величину механического напряжения в проводе в режиме высшей температуры $\sigma_{\Theta_{\max}}$.

Для трех значений температуры по формулам вычислим стрелы провеса провода:

$$f_{\Theta_{\min}} = p_1 l^2 / 8 \sigma_{\Theta_{\min}} ; f_{\Theta_{\text{ср}}} = p_1 l^2 / 8 \sigma_{\Theta_{\text{ср}}} ; f_{\Theta_{\max}} = p_1 l^2 / 8 \sigma_{\Theta_{\max}} .$$

По полученным значениям стрел провеса строим монтажный график $f = F(\Theta)$, показанный на рис. 12.4.1.

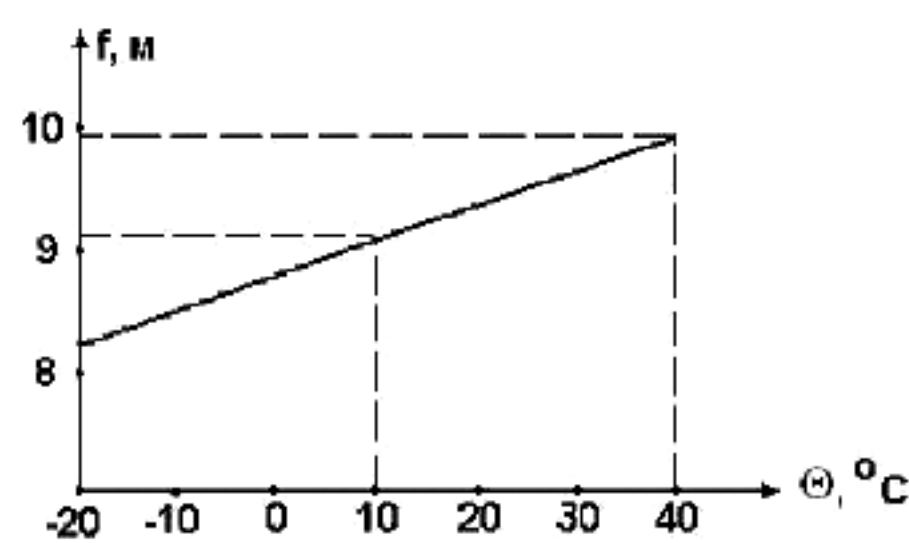


Рисунок 12 – Пример монтажного графика сталеалюминиевого провода сечением 150 мм² в пролете длиной 280 м

Этот график дает информацию монтажникам и обслуживающему персоналу о величине стрелы провеса провода при любой температуре окружающей среды.

Проверка габарита воздушной линии

Для проверки габарита воздушной линии необходимо знать максимальное значение стрелы провеса провода $f_{\max}$. Как отмечалось выше, максимальная стрела провеса провода имеет место в одном из двух режимов:

- режиме высшей температуры,
- режиме гололеда без ветра.

Стрела провеса в режиме высшей температуры определена выше и со-

Сертификат: Владелец:	ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ ставляет $f_{\max}$ 2C0000043E9A00352205E7BA500060000043E Шебзухова Татьяна Александровна
	Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$A = \alpha E \Theta_{\max} - C, \quad B = -p_1^2 l^2 E / 24.$$

Неполное кубическое уравнение для режима гололеда без ветра будет иметь вид

$$\sigma_r^3 + A\sigma_r^2 - B = 0.$$

Выполним расчет механического напряжения в проводе и его стрелы провеса для режима гололеда без ветра. В правую часть уравнения состояния провода подставим параметры этого режима p_3 , Θ_r .

Решение этого уравнения дает величину механического напряжения в проводе в режиме гололеда без ветра σ_r . Стрела провеса провода в этом режиме составит

$$f_r = p_3 l^2 / 8\sigma_r.$$

Итак, максимальная стрела провеса провода $f_{\max} = f_r$ имеет место в режиме гололеда без ветра. Далее проверяется условие

$$h_{п-з} - \lambda - f_{\max} > h_r.$$

Если условие не выполняется, то необходимо уменьшить l (пролет).

Приложение А. Графическая часть

Чертёж промежуточной одноцепной опоры

Принципиальная электрическая схема сети

Критерии оценивания проекта

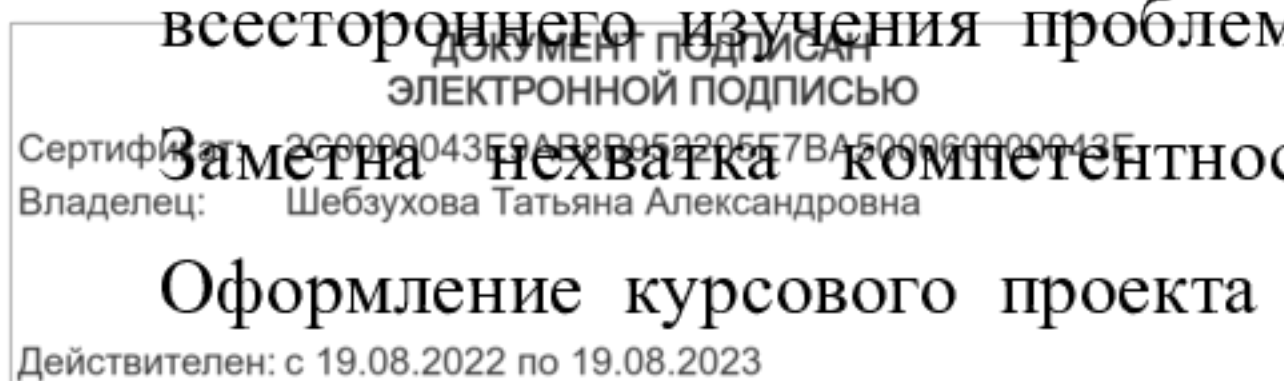
Оценка «отлично» выставляется студенту, если он показал глубокое и хорошо аргументированное обоснование проектных решений; четкую формулировку и понимание изучаемой проблемы; широкое и правильное использование относящейся к теме литературы и примененных аналитических методов; проявлено умение делать обобщения на основе отдельных деталей. Содержание проекта и ход защиты указывают на наличие навыков работы студента в данной области. Оформление курсового проекта и графического материала соответствует предъявляемым требованиям с наличием необходимой библиографии. Защита курсового проекта показала повышенную подготовленность студента и его склонность к аналитической и проектной работе.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если присутствует аргументированное обоснование проектных решений; четкая формулировка и понимание изучаемой проблемы; использование ограниченного числа литературных источников, но достаточного для проведения проектирования. Работа основана на среднем по глубине анализе изучаемой проблемы и при этом сделано незначительное число обобщений. Содержание проекта и ход защиты указывают на наличие практических навыков работы студента в данной области. Оформление курсового проекта и графического материала соответствует предъявляемым требованиям с наличием необходимой библиографии. Ход защиты курсового проекта показал достаточную теоретическую и практическую подготовку студента.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если присутствует достаточное обоснование проектных решений, но отсутствует глубокое понимание рассматриваемой проблемы. В библиографии даны в основном ссылки на стандартные литературные источники. Труды, необходимые для всестороннего изучения проблемы, использованы в ограниченном объеме.

Заметна нехватка компетентности студента в данной области знаний.

Оформление курсового проекта и графического материала с элементами



небрежности. Защита курсового проекта показала удовлетворительную теоретическую и практическую подготовку студента, ограниченную склонность к научной работе.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если проектные решения ошибочны. суждения по исследуемой проблеме не всегда компетентны. Неточности и неверные выводы по изучаемой литературе. Курсовой проект и графический материал оформлен с элементами заметных отступлений от принятых требований. Во время защиты студентом проявлена ограниченная научная эрудиция.

Порядок защиты проекта

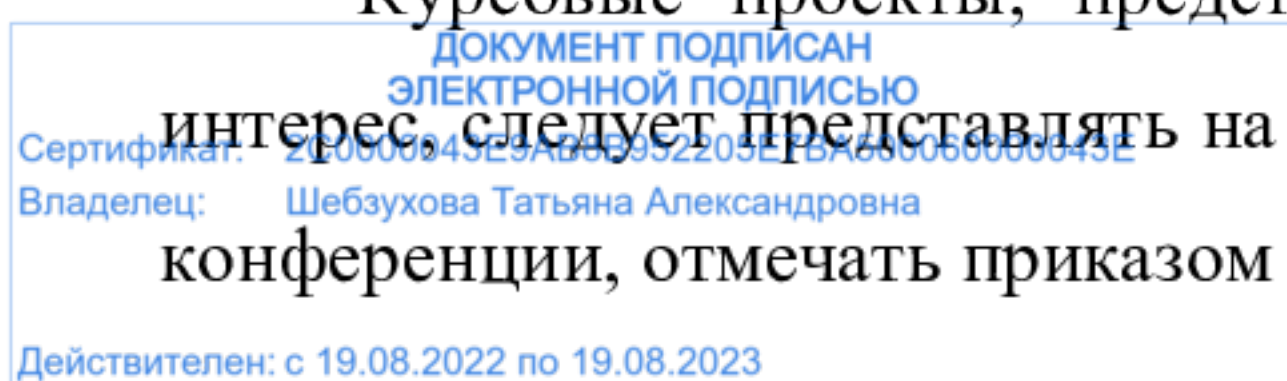
Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. Научный руководитель характеризует работу студента над курсовым проектом.

Результаты защиты курсового проекта, согласно действующему Положению о текущем контроле и промежуточной аттестации в СКФУ, оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка курсового проекта заносится в зачетную книжку студента и зачетно-экзаменационную ведомость.

Защита курсовых проектов, предусмотренных учебным планом, проводится не позднее, чем за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший его по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые проекты, представляющие теоретический и практический интерес, следует представлять на конкурс в студенческие научные общества, конференции, отмечать приказом по университету.



Выполненные работы после их защиты должны храниться на кафедре в течение 2 лет, не считая года написания; затем работы, не представляющие для кафедры интерес, уничтожаются по акту.

Список рекомендуемой литературы

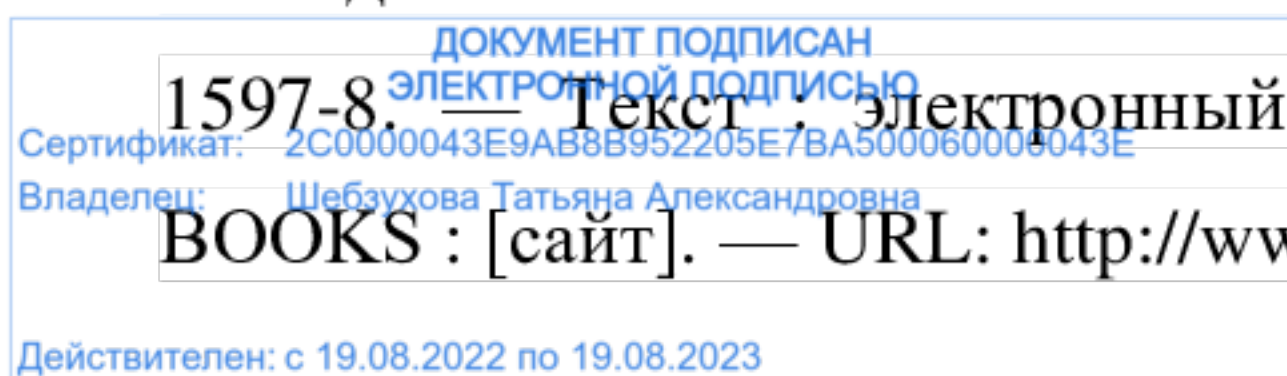
Основная литература:

13. Кобелев А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — 978-5-8265-1411-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564.html>

14. Русина, А. Г. Балансы мощности и выработки электроэнергии в электроэнергетической системе : учебно-методическое пособие / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 55 с. — ISBN 978-5-7782-1935-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45078.htm>

15. Ананичева, С. С. Анализ электроэнергетических сетей и систем в примерах и задачах : учебное пособие / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 176 с. — ISBN 978-5-7996-1784-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65910.html>

16. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей : учебное пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; под редакцией В. Т. Федин. — Минск : Вышэйшая школа, 2009. — 365 с. — ISBN 978-985-06-1597-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20124.html>



Дополнительная литература:

1. Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ф. Шаталов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2014. — 140 с. — 978-5-9596-1059-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47317.html>

2. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 351 с. — ISBN 978-985-06-2397-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/35574.html>

Методическая литература:

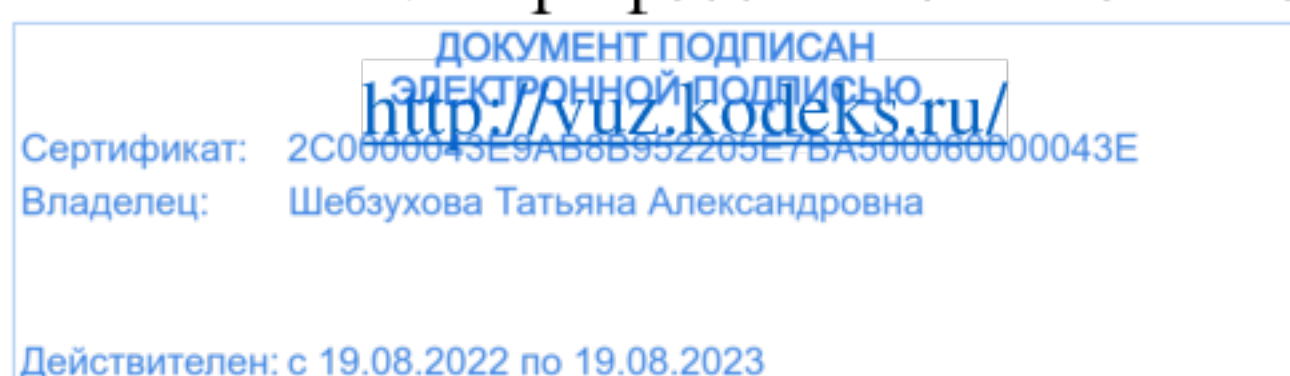
1. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети».

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

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

Информационные справочные системы:

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



ПРИЛОЖЕНИЯ

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приложение 1

Справочные данные по выбору и расчету высоковольтных проводов

Таблица П1.1 – Нормированные значения экономической плотности

Проводники	Плотность тока j_n , А/мм ² , при T_{max} , ч/год		
	1000...3000	3000...5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,0	1,7	1,4
алюминиевые	1,0	0,9	0,8
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией с жилами:			
медными	2,4	2,0	1,6
алюминиевыми	1,3	1Д	1,0
Кабели с резиновой и пластмассо- вой изоляцией с жилами:			
медными	2,8	2,5	2,2
алюминиевыми	1,5	1,4	1,3

Таблица П 1.2 – Условия выбора сечения провода по механической прочности

Характери- стика ВЛ	Минимально допустимое сечение проводов, мм ²			
	алюминиевых и из не- термообработанного алюминиевого сплава	из термообработанного алюминиевого сплава	сталеалю- миниевых	стальных
ВЛ в районах по гололеду: до				
II	70	50	35	35
III-IV	95	50	50	35
V и более	-	-	70	35
ВЛ на двух- цепных опорах 35 кВ и выше	-	-	120	

Таблица П1.3 – Проверка выбранного сечения по условиям короны

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E	Напряжение, кВ	110	150	220	330	500	750	750
Владелец: Шебзухов Татьяна Александровна	Кол-во проводов в фазе	1	1	1	2	3	4	5
Действителен: с 19.08.2021 по 03.08.2023	Плотность тока, А/мм ²	70	120	240	240	300	400	240

Таблица П1.4 – Таблица допустимых токов для выбранных сечений
провода

$F, \text{мм}^2$	35	50	70	95	120	150	185
$I_{\text{д}}, \text{А}$	175	210	265	330	390	450	510
$F, \text{мм}^2$	240	300	330	400	500	600	700
$I_{\text{д}}, \text{А}$	610	690	730	825	945	1050	1180

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приложение 2

Справочные данные по выбору и расчету силовых трансформаторов

Таблица П2.1 – Трехфазные двухобмоточные трансформаторы на 110

Тип	$S_{ном}$ МВА	Пределы регулиру- рования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_k, \%$	$\Delta P_{кз}$ кВт	P_x кВт	I_x %	R_T Ом	X_T Ом	ΔQ_x кВАр
			ВН	НН							
ТМН-2500/110	2,5	+10*1,5%- 8*1,5%	ПО	6,6;11	10,5	22	5,5	1,5	42,6	508,2	37,5
ТМН- 6300/110	6,3	$\pm 9*1,78\%$	115	6,6;11	10,5	44	11,5	0,8	14,7	220,4	50,4
ТДН- 10000/110	10	$\pm 9*1,78\%$	115	6,6;11	10,5	60	14	0,7	7,95	139	70
ТДН- 16000/110	16	$\pm 9*1,78\%$	115	6,5;11	10,5	85	19	0,7	4,38	86,7	112
ТРДН(ТРДНФ) > 25000/110	25	$\pm 9*1,78\%$	115	6,3/6,5; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	120	27	0,7	2,54	55,9	175
ТДНЖ- 25000/110	25	$\pm 9*1,78\%$	115	27,5	10,5	120	30	0,7	2,5	55,5	175
ТД- 40000/110	40	$\pm 2*2,5\%$	121	3,15;6,3;10,5	10,5	160	50	0,65	1,46	38,4	260
ТРДН- 40000/110	40	$\pm 9*1,78\%$	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	172	36	0,65	1,4	34,7	260
ТРДЦН- 63000/110	63	$\pm 9*1,78\%$	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	260	59	0,6	0,87	22	410
ТРДЦНК- 63000/110	63	$\pm 9*1,78\%$	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	245	59	0,6	0,8	22	378
ТДЦ- 80000/110	80	$\pm 2*2,5\%$	121	6,3;10,5;13,8	10,5	310	70	0,6	0,71	19,2	480
ТРДЦН- 80000/110 (ТРДЦНК)	80	$\pm 9*1,78\%$	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	310	70	0,6	0,6	17,4	480
ТДЦ- 125000/110	125	$\pm 2*2,5\%$	121	10,5;13,8	10,5	400	120	0,55	0,37	12,3	687,5
ТРДЦН- 125000/110	125	$\pm 9*1,78\%$	115	10,5/10,5	10,5	400	100	0,55	0,4	11,1	687,5
ТДЦ- 200000/110	200	$\pm 2*2,5\%$	121	13,8;15,75;18	10,5	550	170	0,5	0,2	7,7	1000
ТДЦ- 250000/110	250	$\pm 2*2,5\%$	121	15,75	10,5	640	200	0,5	0,15	6,1	1250
ТДЦ- 400000/110	400	$\pm 2*2,5\%$	121	20	10,5	900	320	0,45	0,08	3,8	1800

Сертификат:
Владелец:
Действителен:

Документ подписан
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
2C6000043E9AB8B952205E7843500060008043E0
Шейн Юльевна Александровна

400000/110

400000/110

10.08.2023

<i>Тип</i>	<i>S_{ном}, МВА</i>	<i>Каталожные данные</i>					
		<i>U_{ном}, обмоток, кВ</i>			<i>U_к, %</i>		
		<i>ВН</i>	<i>СН</i>	<i>НН</i>	<i>В-С</i>	<i>В-Н</i>	<i>С-Н</i>
ТМТН-63000/110	6,3	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6
ТДТН- 10000/110	10	115	38,5	6,Б;11	10,5	17	6
ТДТН- 16000/110*	16	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6
ТДТН- 25000/110	25	115	11;38,5	6,6;11	10,5	17,5	6,5
ТДТНЖ- 25000/110	25	115	38,5;27,5	6,6; 11; 27,5	10,5(17)	17(10,5)	6
ТДТН- 40000/110*	40	115	11;22;38, 5	6,6;11	10,5(17)	17(10,5)	6
ТДТНЖ- 40000/110	40	115	27,5;35,5	Б,Б;11; 27,5	10,5(17)	17(10,5)	6
ТДТН-63000/110* (ТДЦНТ)	63	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6,5
ТДТН-80000/110* (ТДЦТН, ТДЦТНК)	80	115	38,5	6,6;11	11(17)	18,5(10,5)	7(6,5)

кВ

Таблица П2.2

Продолжение таблицы П2.2

<i>Тип</i>	<i>Каталожные данные</i>			<i>Расчетные данные</i>						
	<i>ΔP_к кВт</i>	<i>P_х кВт</i>	<i>I_х, %</i>	<i>R_Т, Ом</i>			<i>X_Т, Ом</i>			<i>ΔQ_х кВАр</i>
				<i>ВН</i>	<i>СН</i>	<i>НН</i>	<i>ВН</i>	<i>СН</i>	<i>НН</i>	
ТМТН-63000/110	58	14	1,2	9,7	9,7	9,7	225,7	0	131,2	75,6
ТДТН-10000/110	76	17	1Д	5	5	5	142,2	0	82,7	ПО
ТДТН-16000/110*	100	23	1,0	2,6	* 2,6	2,6	88,9	0	52	160
ТДТН-25000/110	140	31	0,7	1,5	1,5	1,5	56,9	0	35,7	175
ТДТНЖ-25000/110	140	42	0,9	1,5	1,5	1,5	57	0(33)	33(0)	225
ТДТН- 40000/110*	200	43	0,6	0,8	0,8	0,8	35,5	0(22,3)	22,3(0)	240
ТДТНЖ- 40000/110	200	63	0,8	0,9	0,9	0,9	35,5	0(20,7)	20,7(0)	320
ТДТН-63000/110* (ТДЦНТ)	290	56	0,7	0,5	0,5	0,5	22,0	0	13,6	441
ТДТН-80000/110* (ТДЦТН,ТДЦТНК)	390	82	0,6	0,4	0,4	0,4	18,6 (21,7)	0(10,7)	11,9(0)	480

*При X_Т обмотки СН, равном нулю, обмотки НН изготавливаются с U_{ном}, равным 6,3 или 10,5 кВ.

Примечание. Все трансформаторы имеют РПН ±9*1,78% в нейтрали ВН за исключением трансформатора ТНДТЖ-40000 с РПН ±8*1,5% на ВН.

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Таблица П2.3 – Трехфазные двухобмоточные трансформаторы на 150 кВ

Тип	$S_{ном}$ МВА	Пределы регу- лирования	Каталожные данные						Расчетные дан- ные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_{кз}$ %	$\Delta P_{кз}$ кВт	$\Delta P_{кх}$ Вт	$I_{х}$, %	R_T , Ом	X_T , Ом	ΔQ_X кВАр
			ВН	НН							
ТДН-16000/150	16	$\pm 8*1,5\%$	158	6,6;11	11	85	21	0,8	8,3	172	128
ТРДН-32000/150	32	$\pm 8*1,5\%$	158	5,3/6,3;6,3/10,510,5/10	105	145	35	0,7	3,54	82	224
ТРДН-63000/150	63	$\pm 8*1,5\%$	158	5,3/6,3;6,3/10,510,5/10	10,5	235	59	0,65	1,48	41,6	410
ТЦ (ТДЦ)-250000/150	250	-	165	10,5;13,8;15,75	11	640	190	0,5	0,3	12	1250

Примечание.

Регулирование напряжения осуществляется за счет РПН в нейтрали ВН (трансформаторы 16-63 МВА) или ПБВ (трансформатор 250МВА).

Таблица П2.4 – Трехфазные двухобмоточные трансформаторы на 220 кВ

Тип	$S_{ном}$ МВА	Пределы регу- лирования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_{кз}$ %	$\Delta P_{кз}$ кВт	$\Delta P_{кх}$ кВт	$I_{х}$, %	R_T , Ом	X_T , Ом	ΔQ_X , кВАр
			ВН	НН							
ТРДН-40000/220	40	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 6,6/6,6	12 •	170	50	0,9	5,6	158,7	360
ТРДЦН-63000/220	63	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 6,6/6,6	12	300	82	0,8	3,9	100,7	504
ТДЦ-80000/220	80	$\pm 2*2,5\%$	242	6,3; 10,5; 13,8	11	320	105	0,6	2,9	80,5	480
ТРДЦН-100000/220	100	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 38,5	12	360	115	0,7	1,9	63,5	700
ТДЦ-125000/220	125	$\pm 2*2,5\%$	242	10,5; 13,8	11	380	135	0,5	1,4	51,5	625
ТРДЦН-160000/220	160	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 38,5	12	525	167	0,6	1,08	39,7	960
ТДЦ-200000/220	200	$\pm 2*2,5\%$	242	13,8; 15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	32,2	900
ТДЦ-250000/220	250	-	242	13,8; 15,75	11	650	240	0,45	0,6	25,7	1125
ТДЦ-400000/220	400	-	242	13,8; 15,75; 20	11	880	330	0,4	0,29	16,1	1600
ТЦ-630000/220	630	-	242	15,75; 20	12,5	1300	380	0,35	0,2	11,6	2205

Документ подписан
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приложение 3

Справочные данные по расчету конструктивной части ВЛ

Таблица ПЗ.1 – Физико-механические характеристики сталеалюминевых проводов ВЛ

Характеристика провода	Сечение провода F , мм ²							
	70	95	120	150	185	240	300	400
Диаметр d , мм	11,4	13,6	15,2	17,1	18,8	21,6	24	27,5
Вес P , Н/км	274	384	471	600	728	921	1132	1490
$E \cdot 10^3$, Н/мм ²	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	7,7	7,7	7,7
$\alpha \cdot 10^{-6}$, 1/°C	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,8	19,8	19,8
$[\sigma_{\ominus \min}]$, Н/мм ²	11,6	11,6	13,0	13,0	13,0	12,2	12,2	12,2
$[\sigma_{\ominus \text{ср}}]$, Н/мм ²	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,1	8,1	8,1
$[\sigma_{\ominus \max}]$, Н/мм ²	11,6	11,6	13,0	13,0	13,0	12,2	12,2	12,2

Таблица ПЗ.2. – Физико-механические характеристики стальных грозозащитных тросов ВЛ

Характеристика троса	Сечение троса F , мм ²		
	35	50	70
Диаметр троса d , мм	8,0	9,1	11,0
Вес троса P , Н/км	330	417	623
$E \cdot 10^3$, Н/мм ²	20,0	20,0	20,0
$\alpha \cdot 10^{-6}$, 1/°C	12,0	12,0	12,0
$[\sigma_{\ominus \min}]$, Н/мм ²	60,0	60,0	60,0
$[\sigma_{\ominus \text{н.д.}}]$, Н/мм ²	42,0	42,0	42,0
$[\sigma_{\ominus \max}]$, Н/мм ²	60,0	60,0	60,0

Таблица ПЗ.3 – Размеры унифицированных железобетонных и стальных промежуточных опор

Опора	Рис.	Н, м	$h_{\text{т-п}}$, м	$h_{\text{п-з}}$, м	$h_{\text{п-п}}$, м	h_3 , м
ПЗ5-1	П.3.2,а	21,0	3,0	14,0	4,0	-
ПЗ5-2	П. 3.2,б	23,0	3,0	12,0	4,0	-
ПБ35-1*	П.3.1,а	22,6	2,0	15,5	3,0	3,0
ПБ35-3*	П.3.1,а	22,6	2,0	14,5	4,0	3,0
ПБ35-2*	П.3.1,б	22,6	3,7	12,5	3,0	3,0
ПБ35-4*	П.3.1,б	22,6	3,7	10,5	4,0	3,0

Сертификат: 268009043E9AB8B952365E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

П110-1	П.3.2,а	25,0	2,0	19,0	4,0	-
П110-3	П.3.2,а	25,0	2,0	19,0	4,0	-
П110-5	П.3.2,а	28,0	3,0	19,0	6,0	-
П110-2	П. 3.2,б	31,0	4,0	19,0	4,0	-
П110-4	П. 3.2,б	31,0	4,0	19,0	4,0	-
П110-6	П. 3.2,б	35,0	4,0	19,0	6,0	-
ПБ110-1	П.3.1,а	22,6	2,0	14,5	3,0	3,0
ПБ110-3	П.3.1,а	22,6	2,0	14,5	3,0	3,0
ПБ110-5*	П.3.1,а	22,6	2,0	14,5	4,0	3,0
ПБ110-2*	П.3.1,б	22,6	2,7	13,5	3,0	3,0
ПБ110-4	П.3.1,б	26,0	3,0	13,5	3,0	3,3
ПБ110-6*	П.3.1,б	22,6	2,7	11,5	4,0	3,0
ПБ110-8*	П.3.1,б	26,0	3,0	13,5	4,0	3,3
П220-3	П.3.2,а	36,0	4,0	25,5	6,5	-
П220-2	П. 3.2,б	41,0	5,5	22,5	6,5	-
ПБ220-1*	П.3.1,а	26,0	2,5	16,0	5,5	3,3

Примечание. Размер $h_{\text{т-п}}$ от точки подвеса троса до верхней траверсы у железобетонных опор, отмеченных символом *, включает в себя размер тросостойки (см. рис. П.9).

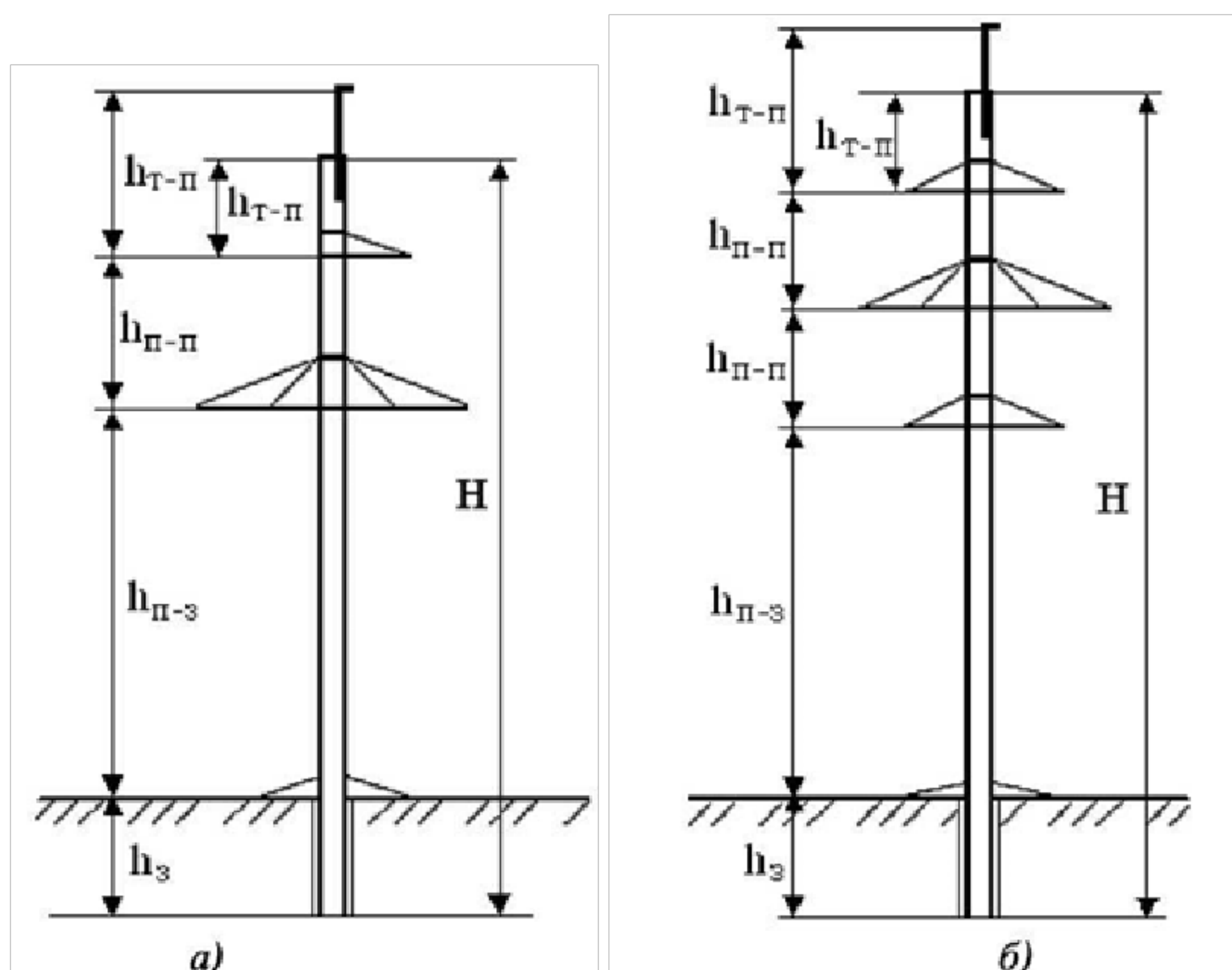


Рисунок П.3.1 – Размеры унифицированных железобетонных
одноцепных (а) и двухцепных (б) промежуточных опор

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

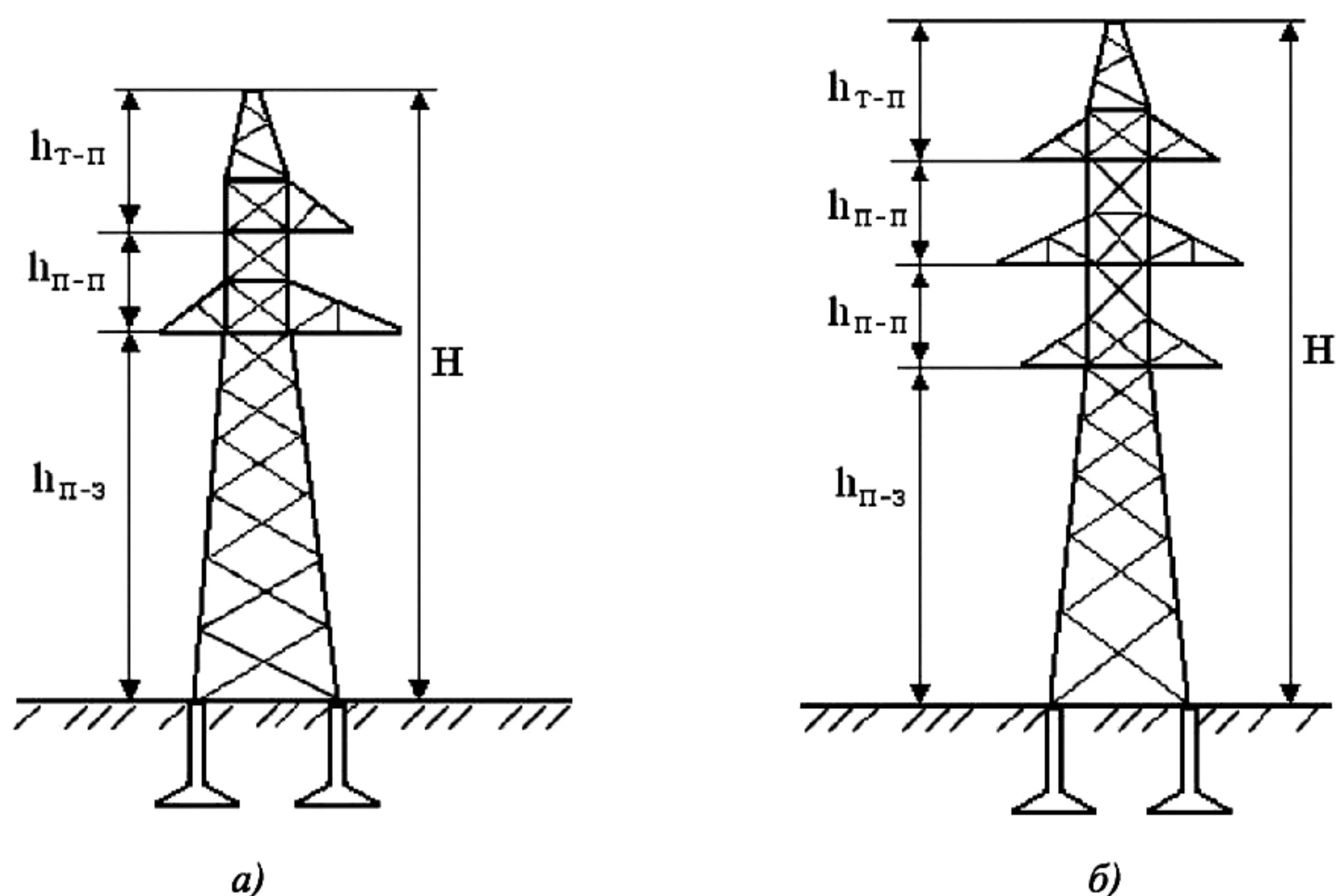


Рисунок П. 3.2 – Размеры унифицированных стальных одноцепных (а) и двухцепных (б) промежуточных опор

Таблица П3.4 – Область применения унифицированных железобетонных и стальных промежуточных опор

Опора	Сечение провода, мм ²	Район по гололеду	Габаритный пролет $l_{г}$, м
П35-1	70	I, II, III, IV I,	295, 235, 180, 145
	95	II, III, IV I,	310, 255, 195, 165
	120	II, III, IV I,	320, 270, 205, 175
	150	II, III, IV	330, 280, 215, 185
П35-2	70	I, II, III, IV I,	260, 200, 170, 130
	95	II, III, IV I,	280, 230, 180, 150 290,
	120	II, III, IV I,	240, 190, 165 300,
	150	II, III, IV	255, 200, 175
ПБ35-1	95	I, II	325, 265,
	150	I, II	340, 315
ПБ35-3	95	III, 1У	205, 175
	150	III, 1У	255, 215
ПБ35-2	95	I, II	255, 215
	150	I, II	265, 255
ПБ35-4	95	III, IV	145, 120
	150	III, IV	175, 150
П110-1	70	I, II	355, 260
	95	I, II	375, 305

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Опора	Сечение про- вода, мм ²	Район по гололеду	Габаритный пролет 1т, м
П110-3	120	I, II	405, 345
	150	I, II	405, 365
	185	I, II	405, 380
	240	I, II	395, 380
П110-5	70	III, IV	225, 190
	120	III, IV	290, 285
	150	III, IV	310, 265
	185	III, IV	325, 280
	240	III, IV	330, 290
П110-2	70	I, II	355, 280
	95	I, II	375, 305
П110-4	120	I, II	405, 345
	150	I, II	405, 365
	185	I, II	405, 380
	240	I, II	395, 380
П110-6	70 95	III, IV	225, 190
	120	III, IV	250, 210
	150	III, IV	290, 245
	185	III, IV	310, 265
	240	III, IV	325, 280
		III, IV	330, 290
ПБ110-1	70	I, II	275, 215
	95	I, II	285, 240
	120	I, II	300, 270
	150	I, II	300, 285
ПБ110-3	185	I, II	305, 295
	240	I, II	295, 285
ПБ110-5	70 95	III, IV	175, 145
	120	III, IV	195, 165
	150	III, IV	225, 190
	185	III, IV	240, 210
	240	III, IV	305, 295
		III, IV	295, 295
ПБ110-2	70	I, II	250, 200
	95	I, II	260, 220
	120	I, II	275, 250
ПБ110-4	120	I, II	275, 250
	150	I, II	275, 260
	185	I, II	275, 275
	240	I, II	275, 275
ПБ110-6	70	III, IV	135, 110
	95	III, IV	150, 125
	120	III, IV	170, 145

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C00000043E9AB0B952205E7BA500000000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Опора	Сечение про- вода, мм ²	Район по гололеду	Габаритный пролет l _Г , м
ПБ110-8	150 185	III, IV III, IV	225, 190 235, 205
П220-3	300 400	I, II, III, IV I, II, III, IV	520,490,430,380 520,475,435,390
П220-2	300 400	I, II, III, IV I, II, III, IV	470, 440, 385, 345 465, 425, 390, 355
ПБ220-1	300 400	I, II, III, IV I, II, III, IV	310,310,280,230 310,310,280,220
ПБ220-3	300 400	I, II I, II	320,320 320,320

Примечания. Буквенно-цифровое обозначение опор:

П - промежуточная опора;

Б - железобетонная опора;

отсутствие второй буквы - стальная опора;

110 (220) - опора для линии напряжением 110 (220) кВ;

1...8 - номер опоры (нечетные цифры - опора одноцепная, четные - двухцепная).

Таблица ПЗ.5 – Расчетные климатически условия

Район по ветру	W, даН/м ² (V, м/с)	Район по голо- леду	b, мм
I	40 (25)	I	10
II	50 (29)	II	15
III	65 (32)	III	20
IV	80 (36)	IV	25
V	100 (40)	V	30
VI	125 (45)	VI	35
VII	150 (49)	VII	40
особый	выше 1500 (выше 49)	особый	выше 40

Таблица ПЗ.6 – Наименьшее допустимое расстояние от провода до земли

Характер местности	Габарит ВЛ, h _Г , м, при напряжении			
	до 35 кВ	110кВ	220 кВ	
Населенная	7	7	8	
Ненаселенная	6	6	7	
Труднодоступная	5	5	6	

Таблица ПЗ.7 – Значения коэффициентов K_i и K_d учитывающих изменение толщины стенки гололеда от высоты расположения приведенного центра тяжести проводов и от диаметра провода

$h_{пр}, м$	K_i	$d, мм$	K_d
до 25	1,0	до 10	1,0
30	1,4	20	0,9
50	1,6	30	0,8
70	1,8	50	0,7
100	2,0	70	0,6

Примечание. Для промежуточных высот $h_{пр}$ значения коэффициентов K_i и K_d определяются линейной интерполяцией.

Таблица ПЗ.8. – Коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности

$H_{пр}, м$	Коэффициент K_w для типов местности		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
до 15	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25

Таблица ПЗ.5. – Характеристики подвесных изоляторов

Изолятор	Разр. механ. нагрузка, кН	Вес, Н	Высота, мм	Кол-во изоляторов в гирлянде, шт, при напряжении		
				35 кВ	110кВ	220 кВ
ПФ-60	60	65	167	3	7	13
ПФ-160	160	86	173	3	6	11
ПФ-200	200	128	194	3	-	10
ПС-60	60	41	130	3	8	14
ПС-120	120	80	140	-	7	13
ПС-160	160	90	170	-	6	12
ПС-220	220	108	200	-	-	10
ПС-300	300	142	190	-	-	11

Сертификат: 2C0900043E9AB8B952205E7BA509060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приложение 4

Таблица П4.1 – Варианты заданий на курсовое проектирование

№ вар.	P ₁ н	P _{2н}	P ₃ н	Q ₁ н	Q ₂ н	Q ₃ н	T, час	L ₁ К М	L ₂	L ₃	L ₄	γ _p	P-Н голо- лед	P-Н вс- тер	Θ _{mi} n °C	Θ _{ma} x °C	Θ _{ср} °C
1	10	12	15	5	6	8	380 0	5 0	7 0	4 0	95	1, 2	I	I	-15	38	14,5
2	12	15	18	6	7	9	480 0	4 0	6 0	7 0	80	1, 2	II	II	-18	35	8,5
3	9	12	16	4,5	6	8	550 0	3 0	5 0	3 0	70	1, 2	III	III	-20	40	10
4	11	14, 5	17	5,5	7	8	520 0	4 0	3 0	5 0	85	1, 2	II	I	-15	30	7,5
5	14	17	25	7	8	12	590 0	4 5	5 0	4 0	70	1, 2	III	II	-5	40	17, 5
6	18	22	28	9	11	14	360 0	5 5	4 5	6 0	90	1, 2	II	II	-20	35	7,5
7	20	24	30	10	12	15	410 0	6 0	6 5	3 5	70	1, 2	I	I	-7	34	13, 5
8	19	25	27	9	12	13	590 0	4 0	6 0	3 0	85	1, 2	II	III	-10	38	14
9	22	28	30	11	14	15	360 0	5 0	7 0	4 0	85	1, 2	III	II	-8	40	16
10	25	29	32	12	14	16	450 0	5 5	6 0	3 0	70	1, 2	II	II	-17	34	8,5
11	24	26	28	12	13	14	490 0	4 0	5 0	3 0	80	1, 2	I	I	-15	40	12, 5
12	9	14	20	4	7	10	510 0	5 0	7 0	4 0	90	1, 2	II	III	-10	30	10
13	10	20	30	5	10	15	620 0	5 0	6 0	4 0	80	1, 2	II	II	-10	40	15
14	15	20	25	7	10	12	610 0	6 0	7 0	5 0	75	1, 2	III	III	-20	44	12
15	11	22	30	5	11	15	420 0	4 0	5 0	3 0	90	1, 2	I	III	-5	30	12, 5
16	15	18	28	7,5	9	14	320 0	6 0	6 0	5 0	70	1, 2	II	II	-10	30	10
17	18	25	30	9	12, 5	15	480 0	6 0	7 0	5 0	80	1, 2	I	I	-20	30	5
18	20	25	27	10	12, 5	13	580 0	4 0	6 0	3 0	90	1, 2	II	II	-10	40	15
19	10	12	20	5	6	10	430 0	5 0	7 0	4 0	10 0	1, 2	I	III	-15	31	8
20	20	25	30	10	12	15	560 0	6 0	5 0	4 0	80	1, 2	II	II	-20	30	5

Сертификат
Владелец:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
202000043EABBB362205E0BA500062000043E
Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приложение 5

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

КАФЕДРА ФИЗИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине
«Электроэнергетические системы и сети»
на тему:
«Проектирование замкнутой районной электрической сети (вариант -)»

Выполнил:

студент 3 курса группы

направления подготовки
13.03.02

формы обучения

(подпись)

Руководитель работы:

(ФИО, должность, кафедра)

Работа допущена к защите

(подпись руководителя)

(дата)

Работа выполнена и

защищена с оценкой

Дата защиты

Члены комиссии: доцент кафедры ФЭиЭ

(должность) (подпись)

(И.О. Фамилия)

доцент кафедры ФЭиЭ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Пятигорск. 20__

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

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Содержание

Введение

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

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Введение

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

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

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

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

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

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

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;
- выполнение курсового проекта и контрольной работы.

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

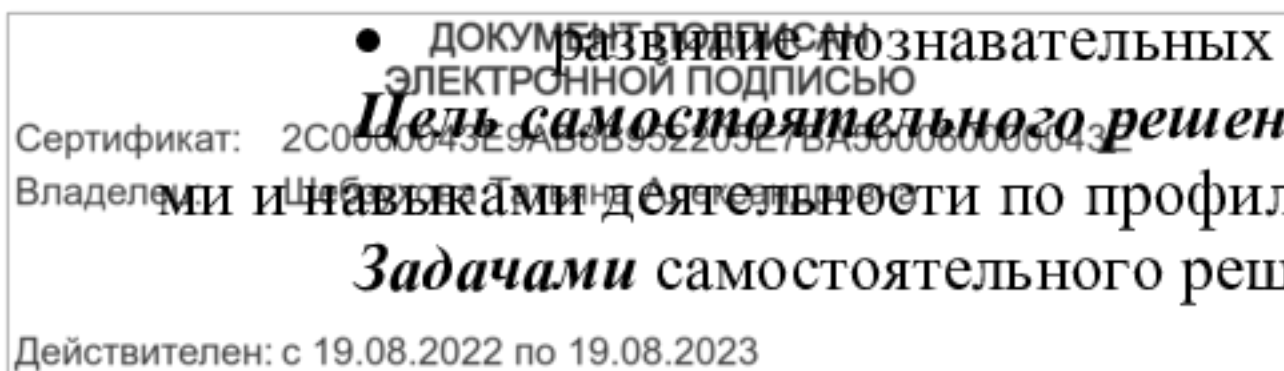
Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

• развитие познавательных способностей и активности студентов.

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

Задачами самостоятельного решения задач являются:



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

Целью самостоятельного выполнения курсового проекта по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-2 _{ПК-1} Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения	Знает схемы и основное оборудование электрических сетей, простые конструкции электроэнергетических объектов питающих энергосистем.
	ИД-3 _{ПК-1} Обосновывает выбор параметров электрооборудования систем электроснабжения, учитывая технические ограничения	Владеет методами выбора и составления схем электрических сетей, навыками типового проектирования электрических сетей и умением правильно выбирать электрические схемы с учетом особенностей их работы и требований потребителей.
	ИД-5 _{ПК-1} Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации систем	Умеет использовать основы теории передачи и распределения электрической энергии при решении задач

	электроснабжения	проектирования электрических сетей
ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения	ИД-1 _{ПК-2} Рассчитывает параметры электрооборудования систем электроснабжения	Умеет обосновывать технические решения при разработке схем распределения и передачи электрической энергии. Владеет навыками расчета параметров электрооборудования систем электроснабжения
	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Знает технические и экономические расчеты, современные аналитические методы комплексного инженерного анализа. Владеет навыками технико-экономических расчетов режимов работы систем электроснабжения.
	ИД-5 _{ПК-2} Применяет инженерно-технические расчеты для решения задач профессиональной деятельности	Умеет проводить инженерно-технические расчеты с помощью программного обеспечения Владеет навыками использования прикладных программ для выполнения инженерно-технических расчетов в профессиональной сфере

2. ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Очная форма обучения

Код реализуемой компетенции (индикатора)	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки*	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ Сертификат: 2C00000043E9AB8B952205E7BA5000600000043E Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна				5 семестр		
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023						

ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-5 ПК-1	Самостоятель- ное изучение литературы по разделам № 1-5	Конспект	Собеседование	33,525	3,725	37,25
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2	Подготовка к лабораторным работам	Отчет по лабораторной работе	Собеседование	3,645	0,405	4,05
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2	Подготовка к практическим занятиям	Решенная задача	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневы х задач	2,43	0,27	2,7
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2	Выполнение контрольной работы	Отчет письменный	Собеседование	9	1	10
Итого за 5 семестр				48,6	5,4	54,0
6 семестр						
ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-5 ПК-1	Самостоятель- ное изучение литературы по разделам №6-9	Конспект	Собеседование	25,47	2,83	28,3
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2	Подготовка к лабораторным работам	Отчет по лабораторной работе	Собеседование	2,7	0,3	3,0
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2	Подготовка к практическим занятиям	Решенная задача	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневы х задач	2,43	0,27	2,7
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2	Выполнение курсового про- екта	Проект с презентацией	Презентация проекта	18	2	20
Итого за 6 семестр				48,6	5,4	54,0
Итого				97,2	10,8	108

Заочная форма обучения

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ		Итоговый	Средства и	Объем часов, в том числе
Сертификат: 1C0000043E9AB8B962203E7BA300060000043E	Код реали- зации	Вид деятель- ности		
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна				
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023				

зующей компетенции (индикатора)	ности студентов	продукт самостоятельной работы	технологии оценки*	СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
5 семестр						
ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-3ПК-1 ИД-5ПК-1 ПК-2 ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2	Самостоятельное изучение литературы по разделам № 1-5	Конспект	Собеседование	94,275	10,475	104,75
	Подготовка к лабораторным работам	Отчет по лабораторной работе	Собеседование	0,81	0,09	0,9
	Подготовка к практическим занятиям	Решенная задача	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	0,54	0,06	0,6
	Выполнение контрольной работы	Отчет письменный	Собеседование	9	1	10
Итого за 5 семестр				104,625	11,625	116,25
6 семестр						
ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-3ПК-1 ИД-5ПК-1 ПК-2 ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2	Самостоятельное изучение литературы по разделам №6-9	Конспект	Собеседование	96,795	10,755	107,55
	Подготовка к лабораторным работам	Отчет по лабораторной работе	Собеседование	1,62	0,18	1,8
	Подготовка к практическим занятиям	Решенная задача	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	0,81	0,09	0,9
	Выполнение контрольной работы	Отчет письменный	Собеседование	9	1	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

	Выполнение курсового про- екта	Проект с пре- зентацией	Презентация проекта	27	3	30
Итого за 6 семестр				126,225	14,025	140,25
Итого				230,85	25,65	256,5

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ

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

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

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
	5 семестр		
1.	Защита лабораторных работ. УСТАНОВИВШИЕСЯ РЕЖИМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	6 неделя	10
2.	Защита лабораторных работ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	10 неделя	15
3.	Собеседование Расчет потокораспределения активной мощности, выбор номинального напряжения линий	14 неделя	30
	Итого за 5 семестр		55
	6 семестр		
4.	Защита лабораторных работ. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА МЕСТНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	6 неделя	10
5.	Защита лабораторных работ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАЙОННОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	10 неделя	15
6.	Собеседование Элементы проектирования электрических сетей	14 неделя	30
	Итого за 6 семестр		55
	Итого		110

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0F00043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

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

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

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

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

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

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

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

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необ-

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной темы.

Выполнение курсового проекта начинается с получения варианта задания и темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов проекта;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсового проекта.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсового проекта.

Систематизация и анализ изученной литературы позволяют студенту написать первую (теоретическую) часть.

Далее в соответствии с методикой выполнения курсового проекта производятся связанные с проектированием электрических сетей: выбор рационального варианта схемы сети и параметров линий электропередачи и понижающих подстанций для электроснабжения трех пунктов потребления электроэнергии; анализ характерных установившихся режимов работы спроектированной сети; определение основных технико-экономических показателей спроектированной сети.

Рабочий вариант текста курсового проекта и графический материал предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление.

После доработки курсовой проект сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсового проекта студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Основные этапы работы и требования к оформлению и защите отражены в методических указаниях по выполнению курсового проекта.

Вопросы для собеседования

Вопросы по разделу: «Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы»

1. Какой схемой замещения представляется линия электропередачи, двухобмоточный трансформатор, трехобмоточный трансформатор?

2. Чем отличается схема замещения воздушной и кабельной линии, воздушной линии 110 кВ и выше от воздушной линии 35 кВ, 10 кВ, 6 кВ, 0,38 кВ?

- | | |
|--|--|
| <p>3. Как изменится активное сопротивление линии при повышении температуры окружающей среды?</p> | |
|--|--|

2. Чем отличается схема замещения воз-
душного промежутка от воздушной линии 35 кВ?

- Вопросы по разделу: «Анализ режимов работы электрических сетей»

- Вопросы по разделу «Расчёты режимов электрических сетей»

3. Как определить продольную и поперечную деформацию?
4. При расчёте каких сечений можно пренебречь влиянием изгиба?
5. При каких исходных условиях и как можно определить деформацию в два этапа?
- Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

- Вопросы по разделу: Проектирование электрических сетей питающих энергосистем

- наибольших нагрузок, наименьших наг
5. В каких координатах строится эконом
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
6. Почему и как экономическая плотно
наибольшей нагрузки?
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

10. Какие дополнительные условия применяются при выборе проводников по допустимой потере напряжения? Каковы области их использования?
11. В чем особенности выбора сечений проводов по допустимой потере напряжения в разветвленных сетях?
7. Для каких режимов производится проверка сечений проводов по нагреву? Почему?
8. Для каких сетей сечение провода выбирают по допустимой потере напряжения? Почему?
9. Какова последовательность выбора проводников линий по допустимой потере напряжения?
12. Какова зависимость индуктивного сопротивления проводов от их сечения?
13. Какие наименьшие сечения алюминиевых и сталеалюминевых проводов допускаются по условию механической прочности для линий напряжением выше 1 кВ?
14. От чего зависит допустимый ток по нагреву линий электропередачи?
15. Чем обусловлено ограничение наименьших допустимых сечений проводов линий напряжения 110 кВ и выше?
16. Какому условию должны удовлетворять провода воздушных линий с учетом возможности появления короны?

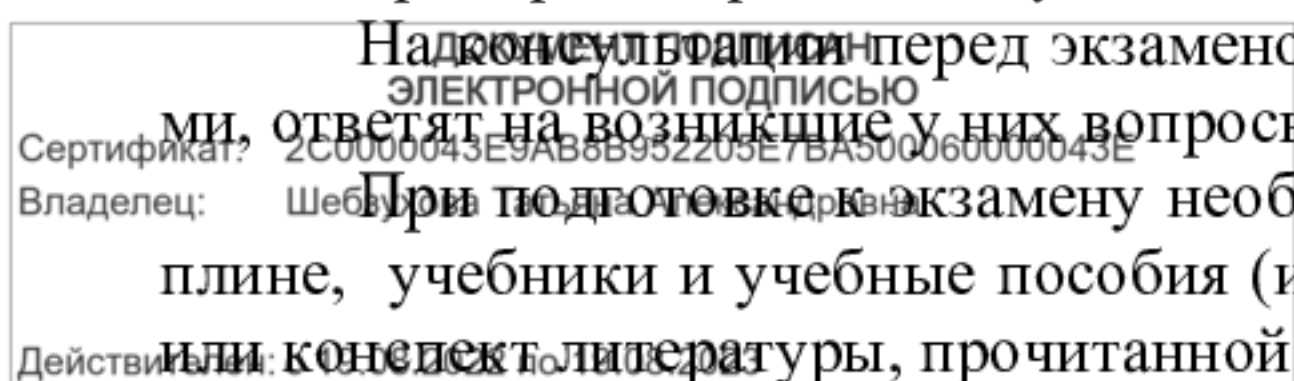
Вопросы по разделу: Качество электроэнергии и его регулирование

1. Какие средства регулирования напряжения используют в распределительных сетях?
2. В чем различие трансформаторов с РПН и без РПН?
3. В чем заключается принцип встречного регулирования напряжения?
4. Какая информация необходима для выбора ответвлений двухобмоточных и трехобмоточных трансформаторов с РПН?
5. Как влияет установка компенсирующих устройств на потери мощности, потери напряжения?
6. Какими путями можно устранить в сети избыток реактивной мощности в сети?
7. Какие компенсирующие устройства могут работать как в режиме выдачи, так и в режиме потребления реактивной мощности?
8. В чем заключаются особенности конструкции устройства регулирования напряжения с РПН по сравнению с устройством без РПН?
9. Какое влияние оказывают режимы напряжений на потери активной мощности в элементах электрической сети?
10. Почему устройства РПН устанавливают преимущественно на стороне высшего напряжения трансформатора?
11. Каковы причины отклонения напряжения от номинального значения?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

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

Надпись перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно. При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.



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

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

Вопросы к экзамену

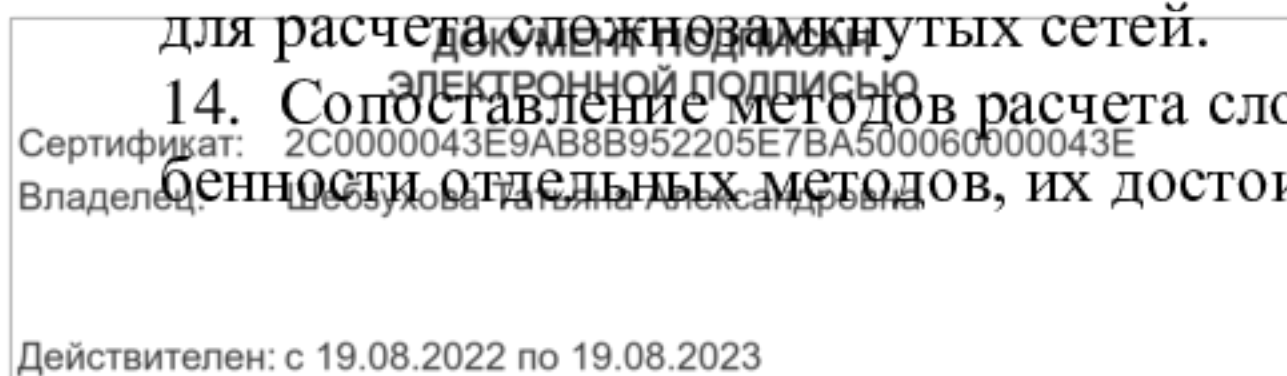
Знать:

1. Технологическая схема производства электроэнергии. Энергетическая и электрическая системы.
2. Электрические сети и их классификация. Системообразующие, питающие, распределительные сети. Виды электроустановок и их номинальные данные.
3. Элементы конструкции электрических сетей. Конструкция воздушных линий, основные виды опор, стандарты на провода, расщепление проводов. Конструкция кабельных линий.
4. Графики нагрузок узлов электрической сети. Типовые графики.
5. Суточный и годовые графики. Характеристики графиков нагрузок.
6. Падение и потеря напряжения. Векторные диаграммы токов и напряжений участка сети.

Уметь:

Владеть:

1. Схемы замещения воздушных линий. Определение параметров схем замещения воздушных линий.
2. Схемы замещения кабельных линий. Определение параметров схем замещения кабельных линий.
3. Схемы замещения двухобмоточных трансформаторов. Определение параметров схем замещения.
4. Схемы замещения трехобмоточных трансформаторов. Определение параметров схем замещения.
5. Схемы замещения и особенности работы автотрансформаторов. Параметры схемы замещения.
6. Однородная сеть. Правило моментов для однородной сети. Свойства однородной сети.
7. Правило моментов в токах и мощностях для однородной сети и область применения.
8. Представление источников и нагрузок при расчетах установившихся режимов электрических сетей. Статические характеристики нагрузок.
9. Потери мощности и энергии в элементах электрических сетей. Точные и приближенные методы расчета потерь электроэнергии в сети с одним и несколькими нагрузочными узлами.
10. Методы преобразования сети. Объединение концевых источников питания.
11. Метод контурных уравнений и его использование для расчета сложносвязанных сетей.
12. Метод уравнений узловых напряжений и его использование для расчета сложносвязанных сетей.
13. Метод коэффициентов токораспределения и потокораспределения. Его использование для расчета сложносвязанных сетей.
14. Сопоставление методов расчета сложносвязанных сетей. Области применения, особенности отдельных методов, их достоинства и недостатки.



Вопросы к экзамену 6 семестр

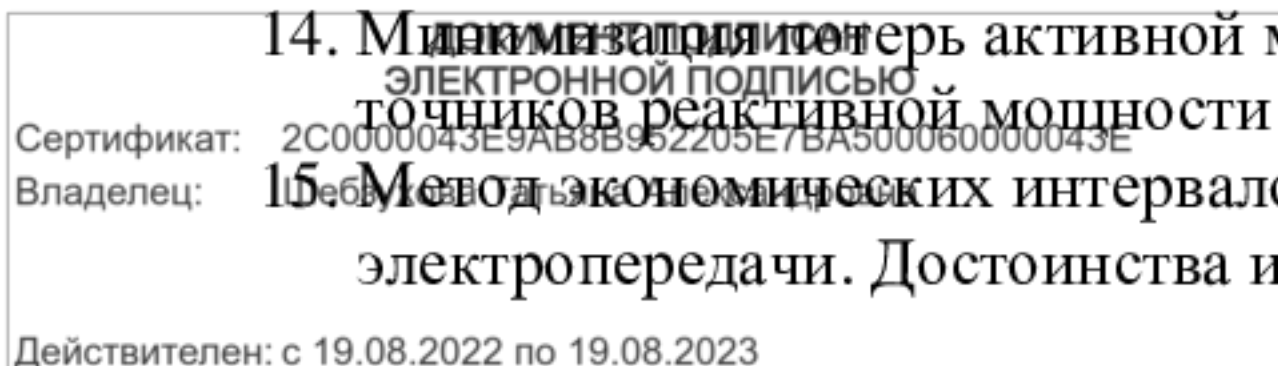
Знать:

1. Принципы разработки вариантов. Балансы мощностей.
2. Этапы проектирования электрической сети.
3. Балансы мощности и энергии в электроэнергетических системах. Связь балансов мощностей с параметрами качества.
4. Способы и средства регулирования напряжения. Местное и централизованное регулирование напряжения.
5. Местное и централизованное регулирование напряжения. Проверка допустимости централизованного регулирования.
6. Регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств. Виды компенсирующих устройств, регулирование их мощности.
7. Критерии экономической эффективности вариантов развития сети.

Уметь:

Владеть:

1. Электрический расчет в токах разомкнутой сети с числом узлов нагрузок не менее двух.
2. Электрический расчет в мощностях разомкнутой сети с числом узлов нагрузок не менее двух.
3. Электрический расчет сети при задании нагрузок статическими характеристиками.
4. Электрический расчет сети с двухсторонним питанием при равных напряжениях по концам передачи в токах. Правило моментов в токах. Векторные диаграммы токов и напряжений участка сети.
5. Электрический расчет сети с двухсторонним питанием при равных напряжениях по концам передачи в мощностях. Правило моментов в мощностях. Векторные диаграммы токов и напряжений.
6. Электрический расчет сети с двухсторонним питанием при разных напряжениях по концам передачи. Векторные диаграммы токов и напряжений сети с двухсторонним питанием.
7. Экономическое распределение нагрузок между разнотипными агрегатами электростанции
8. Способы и средства регулирования напряжения. Устройства РПН и ПБВ Регулирование напряжения с помощью РПН на трансформаторах.
9. Способы и средства регулирования напряжения. Регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств. Выбор мощности компенсирующих устройств по критерию качества.
10. Способы и средства регулирования напряжения. Регулирование напряжения изменением параметров сети. Продольная и поперечная компенсация параметров сети.
11. Способы и средства регулирования напряжения. Продольное и поперечное регулирование. Линейные регуляторы и вольтодобавочные трансформаторы.
12. Способы и средства регулирования напряжения. Сопоставление методов и средств регулирования напряжения по техническим и экономическим показателям.
13. Методы минимизации функции затрат при условиях связи и режимных ограничениях
14. Метод минимизации потерь активной мощности. Определение оптимальной загрузки источников реактивной мощности из условия минимума потерь
15. Метод экономических интервалов и его использование для выбора сечений линий электропередачи. Достоинства и недостатки метода.



16. Метод экономической плотности тока и его использование для выбора сечений линий электропередачи. Достоинства и недостатки метода.
17. Особенности выбора сечений в кольцевых и разомкнутых сетях.
18. Условия и методы проверки сечений проектируемых и существующих ЛЭП по допустимому току.
19. Выбор номинального напряжения сети.
20. Техничко-экономическое сопоставление вариантов развития сети

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он знает характеристики электрических систем и сетей; конструктивное выполнение элементов электрических сетей; характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы; качество электроэнергии и его регулирование; экономичные режимы работы электроэнергетических систем. Умеет проводить анализ режимов работы электрических сетей; расчёты режимов электрических сетей; проектирование электрических сетей питающих энергосистем.

При проведении экзамена студент показал наличие достаточных знаний по изучаемой проблематике; умение ориентироваться в информационном пространстве; использование и усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой; грамотное изложение материала при ответе; попытки аргументировать собственную точку.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он знает характеристики электрических систем и сетей; конструктивное выполнение элементов электрических сетей; характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы; качество электроэнергии и его регулирование; экономичные режимы работы электроэнергетических систем. Умеет проводить анализ режимов работы электрических сетей; расчёты режимов электрических сетей; проектирование электрических сетей питающих энергосистем. При проведении экзамена студент показал наличие достаточных знаний по изучаемой проблематике; умение ориентироваться в информационном пространстве; использование и усвоение основной литературой; грамотное изложение материала при ответе.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он демонстрирует низкий уровень знаний характеристик электрических систем и сетей; конструктивного выполнения элементов электрических сетей; характеристик и параметров элементов электроэнергетической системы; качества электроэнергии и его регулирования; экономичных режимов работы электроэнергетических систем. Умеет с трудом проводить анализ режимов работы электрических сетей; расчёты режимов электрических сетей; проектирование электрических сетей питающих энергосистем. При проведении экзамена студент показал наличие поверхностных знаний по изучаемой проблематике; умение ориентироваться в информационном пространстве; использование и усвоение основной литературой; грамотное изложение материала при ответе с отдельными недочетами и ошибками; отсутствие умения в полной мере аргументировать собственную точку.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает характеристики электрических систем и сетей; конструктивное выполнение элементов электрических сетей; характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы; качество электроэнергии и его регулирование; экономичные режимы работы электроэнергетических систем. Не умеет проводить анализ режимов работы электрических сетей; расчёты режимов электрических сетей; проектирование электрических сетей питающих энергосистем.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA590068080043E	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	
Перечень основной литературы:	
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

17. Кобелев А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — 978-5-8265-1411-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564.html>

18. Ананичева, С. С. Анализ электроэнергетических сетей и систем в примерах и задачах : учебное пособие / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 176 с. — ISBN 978-5-7996-1784-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65910.html>

19. Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ф. Шаталов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2014. — 140 с. — 978-5-9596-1059-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47317.html>

20. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 351 с. — ISBN 978-985-06-2397-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/35574.html>

Перечень дополнительной литературы:

7. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей : учебное пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; под редакцией В. Т. Федина. — Минск : Вышэйшая школа, 2009. — 365 с. — ISBN 978-985-06-1597-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20124.html>

8. Русина, А. Г. Балансы мощности и выработки электроэнергии в электроэнергетической системе : учебно-методическое пособие / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 55 с. — ISBN 978-5-7782-1935-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45078.html>

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

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
3. <http://e.lanbooks.com> - Электронно-библиотечная система Лань
4. <http://docs.cntd.ru/> Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации ТЕХЭКСПЕРТ
21. Профессиональные справочные системы Техэксперт <http://vuz.kodeks.ru/>

