

В зависимости от номинальной мощности и частоты вращения синхронные электродвигатели рассматриваются индивидуально в целях использования их реактивной мощности для компенсации.

Располагаемая реактивная мощность синхронных двигателей, у которых $P_{нд} > 2500$ кВт или $n > 1000 \frac{1}{\text{мин}}$, используется для компенсации реактивной мощности у потребителей:

$$Q_{д1} = \sum (Q_{др} - Q_{дн}) \cong \sum 0,2 \cdot Q_{дн}.$$

Участие в компенсации реактивной мощности синхронных двигателей, у которых $P_{нд} \leq 2500$ кВт или $n \leq 1000 \frac{1}{\text{мин}}$, целесообразно только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Для этого определяется соотношение

$$R = \frac{C_{Qэ}}{C_{рг}}.$$

Удельная стоимость потребления реактивной мощности и энергии из энергосистемы, не превышающего экономического значения

для потребителей, имеющих приборы учета $Q_{\text{макс}}$:

$$C_{Qэ} = (C_1 + d_1 T_{M_{Qэ}} \cdot 10^{-2}) \cdot 1,6 \cdot K_1,$$

где C_1 – плата за 1 квар потребленной реактивной мощности, $C_1 = 1,2$ руб./квар·год;

d_1 – плата за 1 квар·ч потребленной реактивной энергии, $d_1 = 0,03$ коп./квар·ч;

$T_{M_{Qэ}}$ – годовое число часов использования максимальной реактивной мощности при потреблении из энергосистемы $Qэ$.

Значение $T_{M_{Qэ}}$ определяется в зависимости от соотношения ψ и K_M по выражениям:

$$\text{при } \psi \leq K_M T_{M_{Qэ}} = \frac{T_{Г}(K_M - 2\psi + 1)}{2(1 - \psi)};$$

$$\text{при } \psi < K_M T_{M_{Qэ}} = \frac{T_{Г}(1 - \psi)}{2(1 - K_M)}$$

где ψ – степень компенсации, величина которой может быть принята равной 0,7; 0,6; 0,5; 0,25 для ГПП с первичным напряжением 35, 110, 220, 500 кВ соответственно и при потреблении из энергосистемы $Qэ$, при питании от шин генераторного напряжения $\psi = 0,25$;

K_M – отношение натуральной минимальной нагрузки к натуральной максимальной нагрузке, принимаемое для 1-, 2-, 3-сменной и непрерывной работы равным 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 соответственно;

для 1-, 2-, 3-сменной и непрерывной работы соответственно.

Удельная стоимость потерь активной мощности в синхронных двигателях и конденсаторах при генерировании ими реактивной мощности:

$$C_{\text{пр}} = \alpha \cdot K_{W1} + b \cdot T_{\Gamma} \cdot 10^{-2} \cdot K_{W2}.$$

После определения величины соотношения R по табл. П23 находится коэффициент α . Суммарная реактивная мощность от синхронных двигателей номинальной мощностью $P_{\text{нд}} \leq 2500$ кВт и скорости

$$n \leq 1000 \frac{1}{\text{мин}}:$$

$$Q_{\text{д2}} = \sum \alpha \cdot Q_{\text{дн}}.$$

Реактивная мощность от синхронных двигателей, которую экономически целесообразно использовать для компенсации при одновременном потреблении из энергосистемы $Q_{\text{э}}$, определяется по формуле

$$Q'_{\text{д}} = Q_{\text{д1}} + Q_{\text{д2}}.$$

После определения $Q_{\text{д1}}$, $Q_{\text{нк}}$, $Q'_{\text{д}}$ составляется баланс реактивной мощности на границе балансового разграничения с энергосистемой:

$$\Delta Q' = \overline{Q_p} - Q_{\text{нк1}} - Q'_{\text{д}} - Q_{\text{э}}.$$

Если $\Delta Q' < 0$, то рекомендуется уменьшить значение $Q_{\text{э}}$ до обеспечения условия $\Delta Q' = 0$. При $\Delta Q' > 0$ рассматривается возможность получения дополнительной реактивной мощности от следующих источников:

1) синхронных двигателей мощностью до 2500 кВт и $n \leq 1000 \frac{1}{\text{мин}}$, если располагаемая мощность этих двигателей не используется полностью при потреблении из энергосистемы экономического значения $Q_{\text{э}}$;

2) БНК, дополнительно устанавливаемых сверх $Q_{\text{нк}}$;

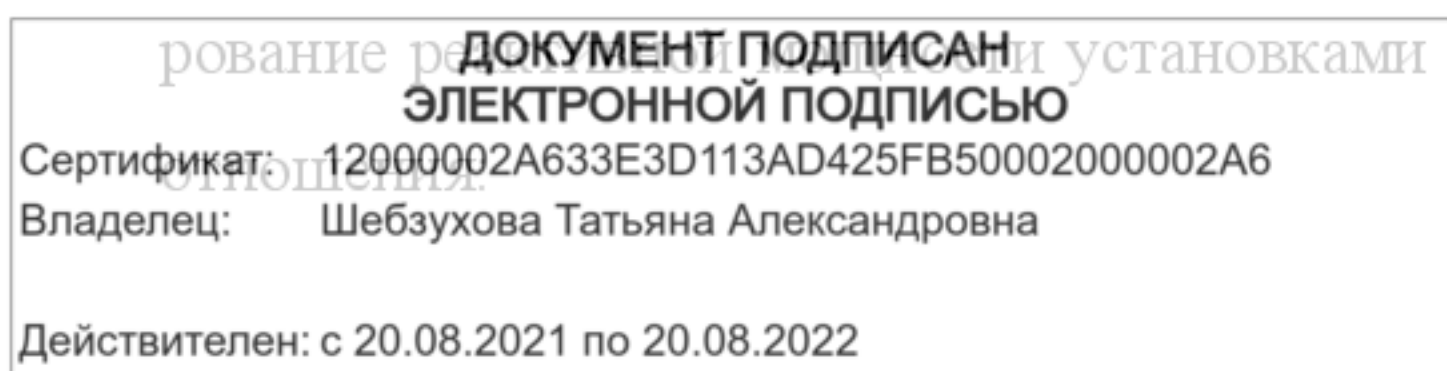
3) БВК, устанавливаемых в узлах нагрузки 6 – 10 кВ;

4) энергосистемы, величина которой превышает экономическое значение $Q_{\text{п}} = \Delta Q'$.

Целесообразность более полного использования реактивной мощности от синхронных двигателей мощностью 2500 кВт и $n \leq 1000 \frac{1}{\text{мин}}$ определяется по табл. П23 с учетом следующих положений.

Для предприятий с 1-, 2-, 3-сменной работой затраты на генерирование реактивной мощности синхронными двигателями сопоставляются с затратами на потребление реактивной мощности из энергосистемы, превышающее экономическое ее значение, и на генери-

рование реактивной мощности установками БНК. При этом используются следующие со-



$$R = \frac{C_{Q_{\text{п}}}}{C_{\text{рг}}} \text{ и } R = \frac{З_{\text{нк}}}{C_{\text{рг}}}.$$

Для предприятий с непрерывным режимом работы затраты на генерирование реактивной мощности синхронными двигателями сопоставляются с затратами на потребление реактивной мощности из энергосистемы, превышающее экономическое значение, и на генерирование реактивной мощности установками БВК. Соответствующие этому соотношения:

$$R = \frac{C_{Q_{\text{п}}}}{C_{\text{рг}}} \text{ и } R = \frac{З_{\text{вк}}}{C_{\text{рг}}}.$$

В указанных соотношениях $C_{Q_{\text{п}}}$ – удельная стоимость потребления реактивной мощности и энергии из энергосистемы $Q_{\text{п}}$, превышающее экономическое значение;

$З_{\text{нк}}$ и $З_{\text{вк}}$ – удельные затраты на компенсацию реактивной мощности установками БНК и БВК, руб./квар.

Удельная величина $C_{Q_{\text{п}}}$ для потребителей, имеющих приборы учета максимальной реактивной мощности:

$$C_{Q_{\text{п}}} = \left(C_2 + d_2 T_{M_{Q_{\text{п}}}} \cdot 10^{-2} \right) \cdot \frac{2K_1 K_w}{1 + K_1},$$

где C_2 – плата за 1 квар потребленной из энергосистемы реактивной мощности, превышающей экономическое значение, $C_2 = 3,6$ руб./(квар·год);

d_2 – плата за 1 квар·ч реактивной энергии для потребителей, имеющих приборы учета $Q_{\text{макс}}$, $d_2 = 0,09$ коп./(квар·ч);

$T_{M_{Q_{\text{п}}}}$ – годовое число часов использования максимальной реактивной мощности при ее потреблении из энергосистемы, превышающем экономическое значение. Величина определяется по формулам (7.12) и (7.13) при значениях ψ

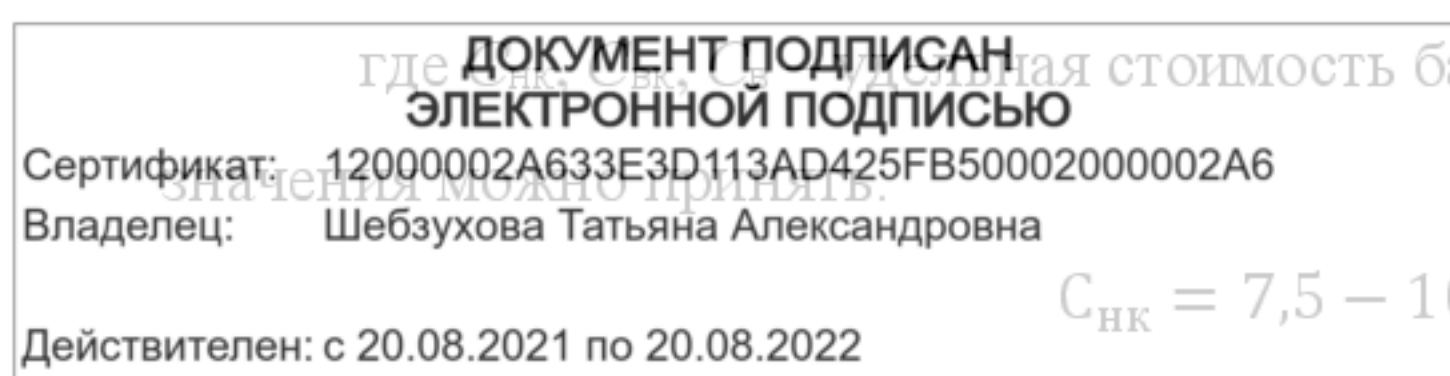
$$\psi = 1 - \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{р}}},$$

где $Q_{\text{п}}$ – потребление из энергосистемы реактивной мощности, превышающее экономическое значение.

Удельные затраты на компенсацию реактивной мощности конденсаторными установками БНК и БВК:

$$З_{\text{нк}} = 0,22C_{\text{нк}} + З_{\text{рнк}},$$

$$З_{\text{вк}} = 0,22(C_{\text{вк}} + C_{\text{в}}) + З_{\text{рвк}},$$



где $C_{\text{нк}}$ – удельная стоимость батарей БНК, БВК и выключателя 6 – 10 кВ. Их значения можно принять.

$$C_{\text{нк}} = 7,5 - 10,5 \text{ руб./квар},$$

$$C_{\text{БК}} = 3,7 - 4,9 \text{ руб./квар} ,$$

$$C_{\text{В}} = 0,5 - 3 \text{ руб./квар} - \text{для камер КСО},$$

$$C_{\text{В}} = 0,9 - 5,1 \text{ руб./квар} - \text{для камер КРУ}.$$

Значения $C_{\text{НК}}$, $C_{\text{БК}}$, $C_{\text{В}}$ должны быть откорректированы в связи с увеличением стоимости компенсирующих устройств на текущий период времени.

Значения $Z_{\text{рнк}}$ и $Z_{\text{рвк}}$ определяются следующим образом:

$$Z_{\text{рнк}} = C_{\text{рг}} \cdot \Delta P_{\text{кн}},$$

$$Z_{\text{рвк}} = C_{\text{рг}} \cdot \Delta P_{\text{кв}},$$

где $\Delta P_{\text{кн}}$ и $\Delta P_{\text{кв}}$ – удельные потери активной мощности в установках БНК и БВК, принимаемые равными: $\Delta P_{\text{кн}} = 0,004 \text{ кВт/квар}$; $\Delta P_{\text{кв}} = 0,002 \text{ кВт/квар}$.

По найденному наименьшему значению R определяется из табл. П23 коэффициент α .

С учетом номинальной реактивной мощности синхронных двигателей

$$Q_{\text{ДЗ}} = \sum \alpha \cdot Q_{\text{дн1}}.$$

Если значение R окажется меньше рассчитанного по формуле (7.10), то величина $Q_{\text{ДЗ}} = Q_{\text{Д2}}$.

Результирующее значение используемой реактивной мощности от синхронного двигателя

$$Q_{\text{д}}'' = Q_{\text{д1}} + Q_{\text{ДЗ}}.$$

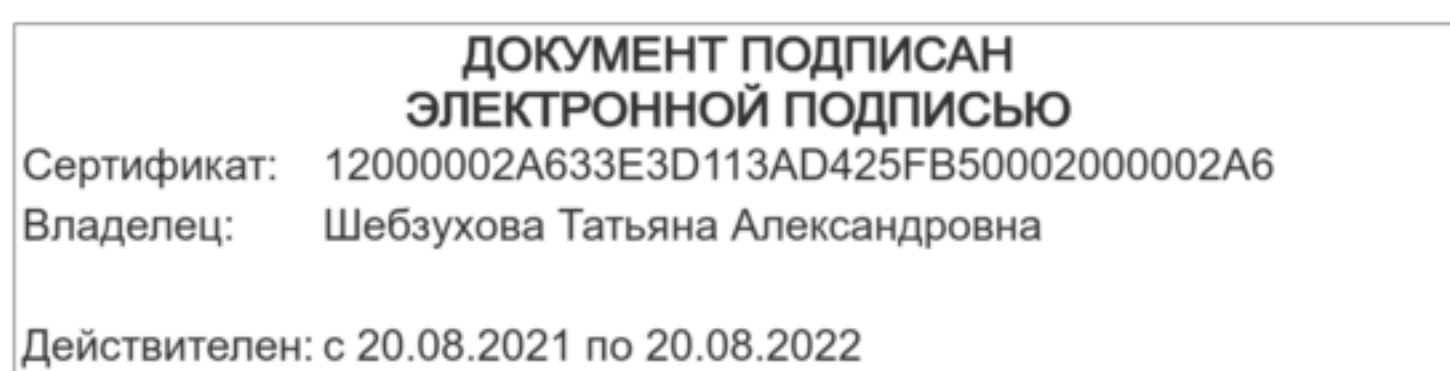
Снова составляется баланс реактивной мощности:

$$\Delta Q'' = \overline{Q_{\text{р}}} + Q_{\text{нк1}} - Q_{\text{д}}'' - Q_{\text{э}}.$$

Если $\Delta Q'' > 0$, то для предприятий с 1-, 2-, 3-сменной работой рассматривается целесообразность дополнительной установки БНК мощностью $Q_{\text{нк2}}$. С этой целью определяется значение экономически целесообразной реактивной мощности $Q_{\text{тэ}}$, которую можно передать через цеховые трансформаторы в сеть до 1 кВ по критериям минимальных активных потерь в сети 6 – 10 кВ, стоимости БНК и стоимости потребляемой реактивной мощности (энергии) из энергосистемы.

При потреблении из энергосистемы мощности $Q_{\text{п}}$, превышающем экономическое значение,

$$Q_{\text{тэ}} = \frac{Z_{\text{нк}} - C_{Q_{\text{н}}}}{2A}.$$



Задания:

Задание №1

Предприятие с двухсменной работой питается от подстанции напряжением 110/10 кВ и имеет расчетную активную нагрузку $P_p = 4,5$ МВт.

Определить для предприятия значение Q_{Σ} .

Задание №2

Определить мощность низковольтных батарей конденсаторов $Q_{НК}$ для группы цехов машиностроительного предприятия, расчетные нагрузки которых составляют:

вариант *а*

– механический цех: $P_p = 2200$ кВт, $Q_p = 3100$ кВар;

– агрегатный цех: $P_p = 1800$ кВт, $Q_p = 2000$ кВар;

– термический цех: $P_p = 2300$ кВт, $Q_p = 2600$ кВар;

– сборочный цех: $P_p = 1300$ кВт, $Q_p = 1500$ кВар

вариант *б*

– инструментальный цех: $P_p = 800$ кВт, $Q_p = 900$ кВар;

– ремонтный цех: $P_p = 400$ кВт, $Q_p = 500$ кВар;

– электролизный цех: $P_p = 450$ кВт, $Q_p = 250$ кВар;

– покрасочный цех: $P_p = 600$ кВт, $Q_p = 500$ кВар.

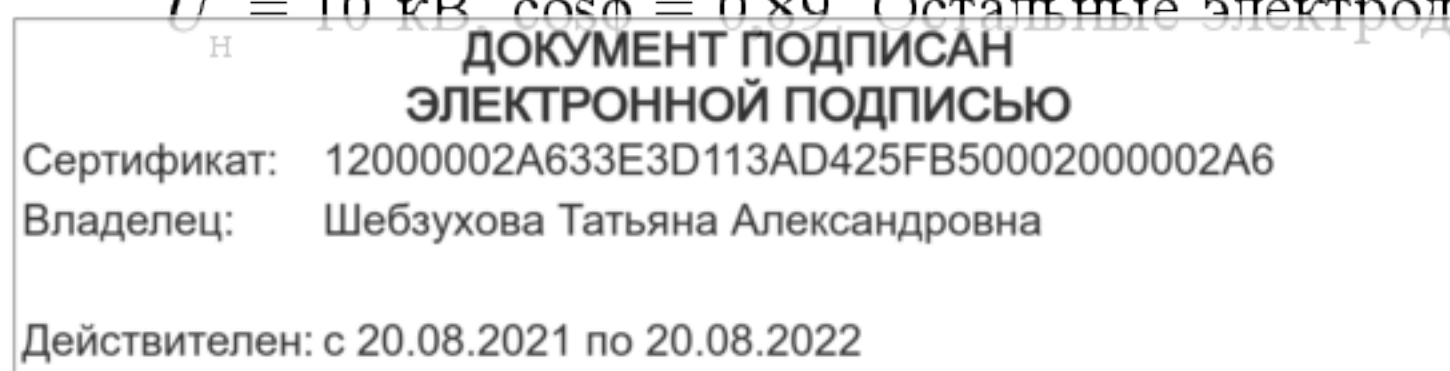
Задание №3

На предприятии с двухсменным режимом работы используются четыре синхронных электродвигателя ($P_{нд} = 1600$ кВт, $n = 1000$ мин⁻¹, $U_n = 10$ кВ, $\cos\phi = 0,88$). Определить суммарную реактивную мощность, которую экономически целесообразно получать от синхронных двигателей. Электроснабжение предприятия осуществляется от ГПП-220/10 кВ.

Задание №4

На предприятии с трехсменным режимом работы используются четыре синхронных электродвигателя. Один из них имеет номинальные параметры: $P_n = 3$ МВт, $n = 1500$ мин⁻¹,

$U_n = 10$ кВ, $\cos\phi = 0,89$. Остальные электродвигатели имеют одинаковые параметры: $P_n =$



1,25 МВт, $n = 500 \text{ мин}^{-1}$, $U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$, $\cos\phi = 0,87$. Электроснабжение предприятия осуществляется от ТЭЦ на напряжении 10 кВ. Определить суммарную реактивную мощность, которую экономически целесообразно получать от всех синхронных электродвигателей.

Задание №5

На предприятии с двухсменным режимом работы установлены два синхронных электродвигателя с номинальными параметрами: $P_{\text{н}} = 1,25 \text{ МВт}$, $n = 500 \text{ мин}^{-1}$, $U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$, $\cos\phi = 0,89$. Электроснабжение предприятия с расчетной реактивной нагрузкой $Q_{\text{р}} = 4,5 \text{ МВар}$ осуществляется от подстанции 110/10 кВ. Составить и проанализировать баланс реактивной мощности по предприятию, для которого $Q_{\text{э}} = 1,3 \text{ МВар}$; $Q_{\text{НК1}} = 1,2 \text{ МВар}$.

Задание №6

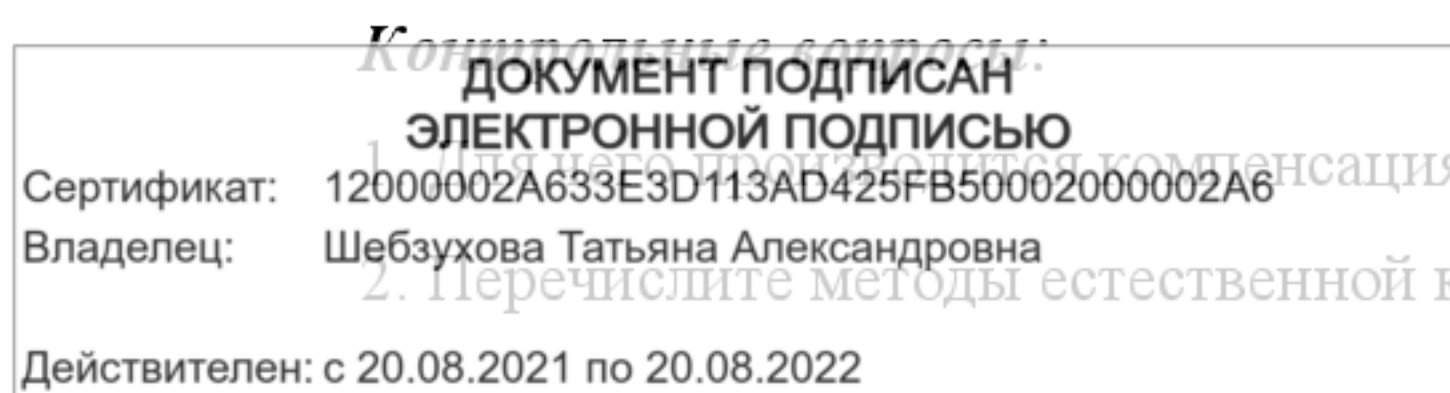
Результаты анализа баланса реактивной мощности по предприятию показали, что $Q'\Delta > 0$. Определить величину дополнительной реактивной мощности $Q_{\text{дз}}$, которую могут генерировать два синхронных двигателя (исходные данные из задачи 5). Составить и проанализировать баланс реактивной мощности $Q''\Delta$ по предприятию.

Задание №7

Расчетная нагрузка предприятия с двухсменным режимом работы, питающегося от ГПП-220/10 кВ, составляет: $P_{\text{р}} = 3,5 \text{ МВт}$, $Q_{\text{р}} = 4,3 \text{ МВар}$. Анализ баланса реактивной мощности по предприятию показал, что $Q'\Delta = 870 \text{ кВар}$ и $Q''\Delta = 630 \text{ кВар}$. Определить величины дополнительной реактивной мощности низковольтных батарей конденсаторов и $Q_{\text{2НК}}$ и $Q_{\text{НК}}$.

Задание №8

Предприятие с расчетными нагрузками $P_{\text{р}} = 6000 \text{ кВт}$, $Q_{\text{р}} = 7000 \text{ кВар}$ имеет непрерывный режим работы и питается от ГПП-220/10 кВ. Анализ балансов реактивной мощности показал, что $\Delta Q' = 1200 \text{ кВар}$, $Q'\Delta Q''\Delta = 900 \text{ кВар}$. Осуществить дополнительные мероприятия по компенсации реактивной мощности на предприятии.



реактивной мощности на предприятии?

2. Перечислите методы естественной компенсации реактивной мощности.

3. Каким образом происходит искусственная компенсация реактивной мощности?
4. Укажите типы компенсирующих устройств. Отметьте достоинства и недостатки каждого вида.
5. Определите порядок выбора компенсирующего устройства.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №9. Определение местоположения цеховой подстанции.

Цель: Приобрести практические навыки по расчету и выбору местоположения цеховой подстанции.

Основы теории:

Теория определения местоположения источника питания, можно сказать, основана на законах классической механики (определения центра тяжести). Характерна общность подхода: от выбора места для шкафов 2УР, трансформаторов 3УР, подстанций РП-10 кВ и ГПП до расположения ТЭЦ, УРП и других источников питания энергосистем. Уровни имеют различные ограничения. Например, для ТЭЦ важны потребители горячей воды и размещение паровых воздуходувок; для ГПП – возможность размещения вблизи энергоемких агрегатов и особенности ввода ЛЭП высокого напряжения; для подстанций 4УР – необходимость технологического управления высоковольтным оборудованием или разбросанность подстанций 3УР, определяемых, в свою очередь, характером нагрузки и строительными решениями по отделению (сооружению); для 2УР – количество, единичная мощность, режимы работы электроприемников и территориальная выделенность участков и т. д.

Длина линий от i -го потребителя до источника питания ИП в прямоугольной системе может быть выражена через координаты ИП x, y и координаты потребителей x_i, y_i (электроприемников для 2УР; шкафов 2УР и электроприемников, питающихся от щита низкого напряжения трансформатора для 3УР; трансформаторов 3УР и высоковольтных электродвигателей для 4УР; агрегатов и ТП, питающихся от 5УР, и распределительных подстанций для 5УР):

$$l_i = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \quad \text{или} \quad l_i = |x-x_i| + |y-y_i|.$$

Теория выбора места расположения источников питания была создана, когда для расчетов использовали величины приведенных затрат Z_i . Для отдельной линии электропередачи Z_i определяли по уравнению

$$Z_i = \left(EK_i + P_i^2 \delta (\alpha K_{\text{пм}} + \beta \tau_i) \right) / \gamma U_{\text{ном}}^2 F_i l_i = z_i l_i$$

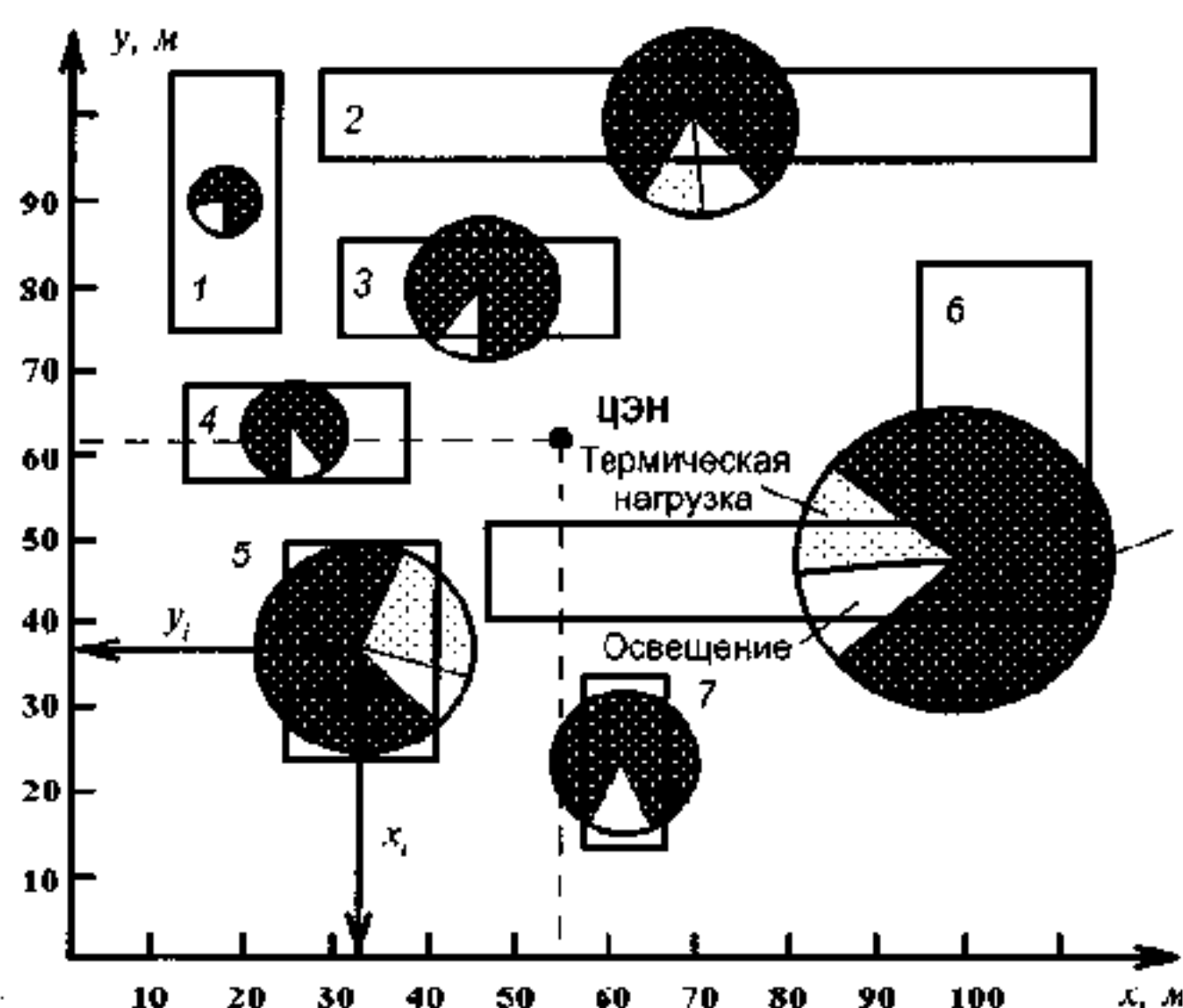
Суммарные приведенные затраты для n линий (радиально-лучевая сеть) теоретически определимы, если взять за основу детерминистскую точку зрения, согласно которой существуют однозначные исходные данные для каждой линии к моменту принятия реше-

ния о раз-

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Имеется ряд математических методов, позволяющих аналитически определить условный центр электрических нагрузок промышленного предприятия или отдельных его цехов. При отыскании центра электрических нагрузок, например, цеха для размещения распределительной подстанции 4УР, используется план цеха с расположением ТП 10/0,4 кВ (ЗУР) и отдельных высоковольтных электроприемников 1 УР, а при отыскании центра электрических нагрузок предприятия средней мощности (для крупного поиск центра не имеет смысла) используется его генеральный план, а в качестве отдельных потребителей рассматриваются цеха предприятия. Наибольшее распространение получил метод, согласно которому если считать нагрузки цеха равномерно распределенными по его площади, то центр нагрузок (ЦЭН) можно принять совпадающим с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане (рис.). В действительности же нагрузки цеха распределены по его площади неравномерно, поэтому центр нагрузок не совпадает с центром тяжести цеха в плане.



Наличие многоэтажных зданий цехов и расположение электроприемников на различных отметках обуславливают учет в расчетах третьей координаты. Координатой 2Г для двух- и трехэтажных зданий не имеет смысла пользоваться, в частности учитывать требования о размещении оборудования выше нулевой отметки. Координатой 2 можно пренебречь и в случае, когда расстояние от центра нагрузки потребителя, например, КТП, до центра ИП, например, РП 10 кВ, в 1,5 раза больше высоты здания. Практически учет третьей координаты в реальном проектировании промышленных предприятий не требуется.

При разработке схемы электроснабжения промышленных предприятий рекомендуется размещать источники питания с наибольшим приближением к

центру питания, под которым понимается условный центр. Проведя аналогию

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

нагрузками производств, цехов, отделений, участков, Рр

координаты их центра для размещения источника питания следующего уровня системы электроснабжения можно определить по формулам:

$$x_0 = \sum_{i=1}^n P_i x_i / \sum_{i=1}^n P_i; \quad y_0 = \sum_{i=1}^n P_i y_i / \sum_{i=1}^n P_i.$$

Описанный метод отыскания центра электрических нагрузок (ЦЭН) отличается простотой и наглядностью, он легко реализуется на ЭВМ. Погрешность расчетов по этому методу не превышает 5-10 % и определяется точностью исходных данных.

В общем случае такой подход не обеспечивает минимума приведенных затрат на сеть. При двух неодинаковых нагрузках центр будет между нагрузками, ближе к наибольшей. Если сюда поместить ИП, то приведенные затраты на сеть сложатся из затрат на участок сети, питающий меньшую нагрузку, и затрат на участок сети, питающий большую нагрузку. Если строго исходить из минимума приведенных затрат, то ИП следует совместить с наибольшей нагрузкой, что обеспечивает явно меньшие затраты, так как вся сеть будет состоять только из относительно дешевого провода, питающего меньшую нагрузку. При числе нагрузок больше двух в общем случае возникает аналогичная ситуация.

При решении вопроса о размещении ИП и определении их мощностей возможны три случая:

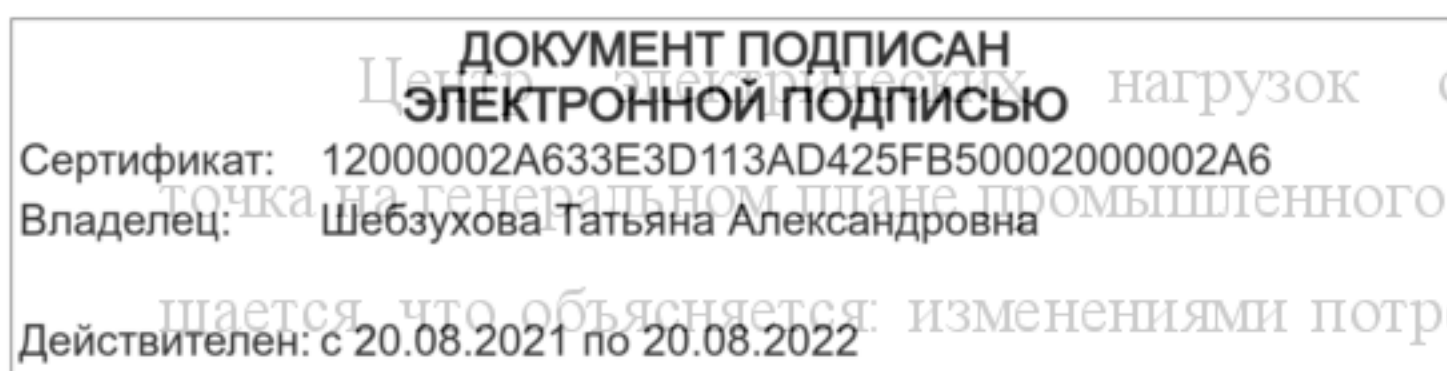
- 1) местоположение определено условиями генплана или требованиями технологов;
- 2) местоположение можно варьировать в ограниченных пределах, но известны нагрузки, которые предполагается питать от каждого ИП;
- 3) не известны число ИП, распределение нагрузок по отдельным ИП.

Для некоторых ИП на местоположение накладываются ограничения. Это наиболее общий случай, отвечающий реальной практике и характерный для всех уровней системы электроснабжения.

В первом случае задача сводится к распределению нагрузок по отдельным источникам питания и к определению мощностей ИП.

Во втором случае задача может быть решена методом линейного программирования, если ограничения на размещение ИП могут быть заданы в виде системы линейных неравенств:

$$\varphi_k = a_k x + b_k y + c_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, m.$$



нагрузки определяется как некоторая постоянная точка на генеральном плане промышленного предприятия. В действительности центр смещается, что объясняется изменениями потребляемой мощности отдельным приемником,

цехом и предприятием в целом в соответствии с графиком нагрузки (на стадии проектирования график известен приближенно, а на стадии эксплуатации постоянно меняется); изменениями сменности и других социально-экономических и экологических условий; развитием предприятия. В связи с этим центр электрических нагрузок описывает во времени на генеральном плане промышленного предприятия фигуру сложной формы поэтому правильнее говорить не о центре как некоторой стабильной точке, а о зоне рассеяния.

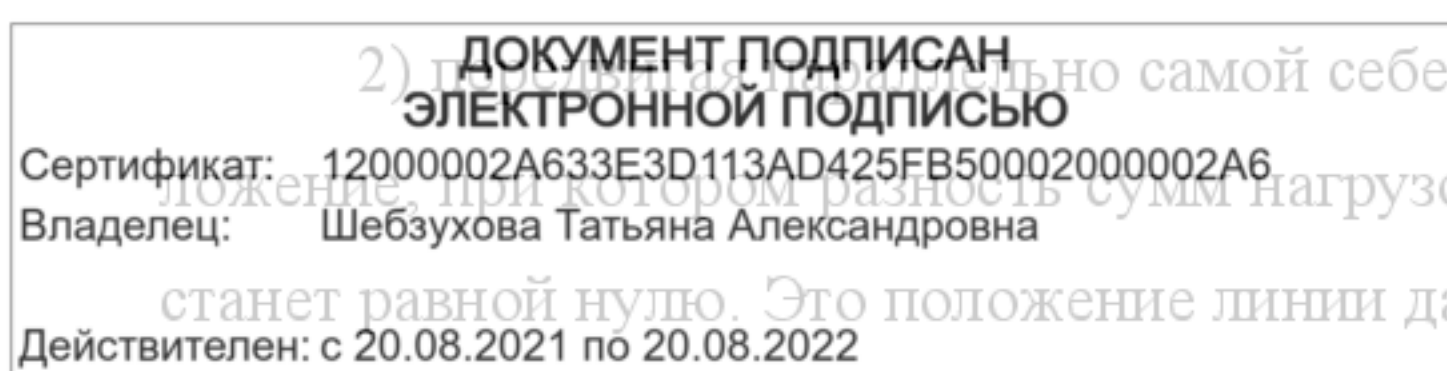
Задачи, связанные с построением рациональных систем электроснабжения промышленных предприятий, относятся к числу оптимизационных. В электрике выделилось два подхода к решению задач оптимизации: статический и динамический. При статическом подходе к решению проектных задач не учитывается изменение электрических нагрузок во времени. При динамическом подходе учитывается динамика систем электроснабжения во времени на перспективу 5, 10, 20 лет, особенно в части изменения электрических нагрузок, поэтому принимаемые решения получаются более обоснованными.

При переходе к конкретному проектированию следует помнить, что проектировщики широко применяют профессионально-логический метод. Суть его применительно к выбору местоположения подстанции заключается в том, что опытный проектировщик часто принимает решение, не прибегая к вычислениям координат. Он пользуется хорошими знаниями объектов проектирования, объектом-аналогом, учитывает реальные ограничения и другие неформализуемые сведения.

Задачу выбора местоположения подстанций приходится решать на различных уровнях системы электроснабжения. Опыт проектирования показывает, что выбор местоположения цеховых ТП осуществляется, как правило, без построения картограммы нагрузок цеховых потребителей электроэнергии. Объясняется это тем, что расположение цеховых ТП в центре питаемых ими нагрузок часто оказывается невозможным из-за различных ограничений (технологических, транспортных и т. п.). Поэтому для отыскания центра цеховой сети используют приближенные методы. Для упрощенного определения координат в цеховой сети можно воспользоваться методикой, применяемой при прокладке участков сети по взаимно перпендикулярным направлениям, которая заключается в следующем:

1) чтобы найти координату x_0 центра нагрузок, необходимо передвигать параллельно самой себе проведенную произвольно на плане цеха вертикальную линию до тех пор, пока разность сумм нагрузок левее и правее этой линии поменяет знак или станет равной нулю, т. е. нагрузки станут равными;

2) чтобы найти координату y_0 центра нагрузок, необходимо передвигать параллельно самой себе проведенную произвольно на плане цеха горизонтальную линию, находят такое ее положение, при котором разность сумм нагрузок выше и ниже этой линии изменит знак или станет равной нулю. Это положение линии даст координату y_0 центра нагрузок.



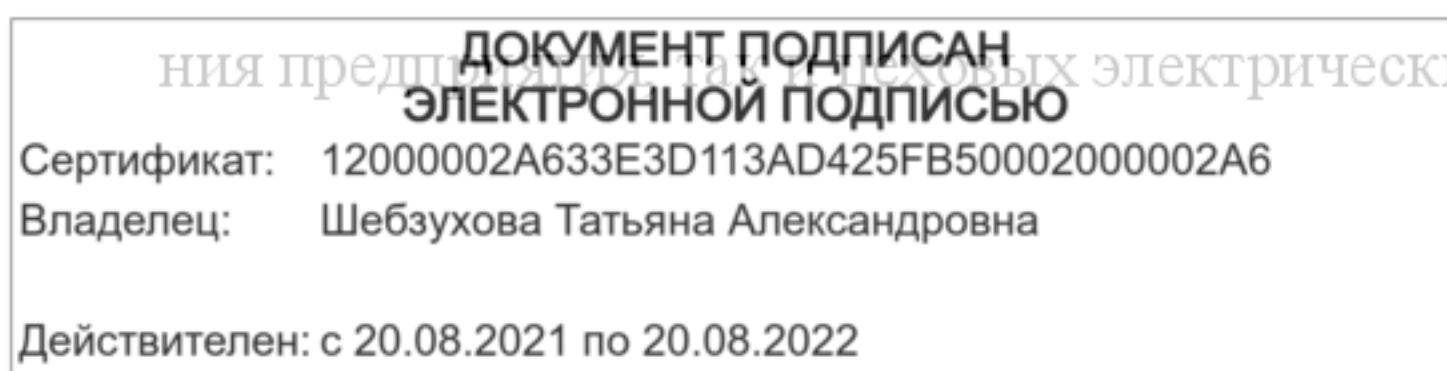
Оптимальное положение РП обычно будет не в центре нагрузок, получающих питание от него, поскольку это приводит к обратным потокам энергии, вызывающим увеличение расхода проводникового материала и потерь электроэнергии. Как правило, РП смещена к наибольшей нагрузке и располагается ближе к источнику питания. Выбор места РП I! первую очередь определяется наличием двигателей напряжением выше 1 кВ (компрессорные, насосные, воздуходувные и т. п.) и электротехнологических установок, например, из-за взрывоопасное, то сооружается отдельно стоящая распределительная подстанция.

Особенно важен вопрос о размещении подстанций 5УР и 4УР, которые для средних и крупных предприятий определяют схему. В этом случае проектирование систем электро-снабжения предприятий осуществляется на основе генерального плана объекта, на который наносятся все производственные цеха и отдельные участки предприятия. Расположение цехов на генеральном плане определяется технологическим процессом производства, а также архитектурно-строительными и эксплуатационными требованиями.

Выбор типа и места расположения подстанций осуществляют следующим образом: на генеральный план предприятия наносят нагрузки цехов, отделений или участков с уточнением напряжения, рода тока и очередности ввода в эксплуатацию; выявляют сосредоточенные нагрузки и находят центры групп распределенных нагрузок ЗУР (2УР); предварительно намечают места расположения подстанций и производят распределение нагрузок между ними. Учитывая возможности применения унифицированных схем и комплектных распределительных устройств, намечают типы подстанций (закрытая или открытая, отдельно стоящая, пристроенная, встроенная, внутрицеховая), определяют их ориентировочные габариты. Выбранное место расположения подстанции согласовывают с генпланом, технологами, строителями. Для отыскания местоположения подстанций 5УР и 4УР широко применяют картограмму нагрузок.

Картограмма представляет собой размещенные на генеральном плане кругов, площади которых в принятом масштабе равны расчетным нагрузкам цехов. Аналогично на плане цеха можно разместить нагрузки отделений, участков, крупных электроприемников. Каждому цеху, отдельному зданию, сооружению соответствует окружность, центр которой совмещают с центром нагрузок цеха, т. е. с символической точкой потребления ими электроэнергии. Поэтому расположение главной понизительной или распределительной подстанции вблизи питаемых ими нагрузок позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электроэнергии и сократить протяженность как сетей высокого напряже-

ния предприятий, а также электрических сетей.



$$r_j = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{P_{p(j)}}{\pi}}.$$

Картограмма электрических нагрузок дает возможность проектировщику наглядно представить распределение нагрузок по территории промышленного предприятия. Она состоит из окружностей, причем площадь круга πr^2 , ограниченная каждой из этих окружностей, с учетом принятого масштаба равна расчетной нагрузке $P_p(j)$ соответствующего цеха, что определяет радиус окружности: нагрузки до и выше 1 кВт. Все это дает представление о структуре

Каждый круг может быть разделен на секторы, соответствующие силовой нагрузке, нагрузке на технологические процессы (электроплавка, сварка, нагрев и др) и осветительной нагрузке. Иногда на картограмме разделяют на нагрузки до и выше 1 кВт. Все это дает представление о структуре нагрузок. Цеха, которые должны быть построены во вторую очередь, или нагрузки цехов, связанных с расширением производства, графически изображают различно (цветом, пунктиром).

Аналогичен подход к построению картограмм реактивных нагрузок и построению их центра. Реактивные нагрузки могут питаться от конденсаторных установок, которые располагаются в местах потребления реактивной мощности, а также от синхронных компенсаторов и синхронных электродвигателей. В связи с этим для отыскания оптимальных условий и мест установки источников реактивной мощности нужно находить отдельно центры потребления реактивной мощности предприятия.

Задания:

Задание №1

Определить местоположения подстанции - это найти координаты центра нагрузок.

По исходным данным построить оси X и Y генплана и нанести центры электрических нагрузок каждого цеха.

С учетом размеров территории выбрать масштаб нагрузок, ориентируясь на наибольшую и наименьшую.

Генплан 3х2 км с силовыми нагрузками цехов (5 мм=0,1 км)

Таблица 9.1 – Исходные данные для расчета

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН Параметры ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ				Номер цеха		
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6	Ц3	Ц4	Ц5			
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	1000	400	25			
Р, кВт	100	160				
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022						

X, км	0,6	1,45	2,4	1,55	0,4
Y, км	1,45	1,25	0,9	0,55	0,4
cosφ	0,7	0,75	0,9	0,8	0,6

Контрольные вопросы:

1. Что такое «картограмма нагрузок»? Для чего она строится?
2. Каким образом определяется цент нагрузки?
2. Что такое «зона рассеяния центра нагрузок»? Каким образом её найти?
3. Как изменяются годовые затраты при смещении местоположения ГПП от зоны рассеяния центра нагрузок?

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №10. Расчет контура заземления.

Цель: Приобрести практические навыки по определению количества заземлителей

Основы теории:

При расчете заземляющего устройства определяются тип заземлителей, их количество и место размещения, а также сечение заземляющих проводников. Этот расчет производится для ожидаемого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с существующими требованиями ПУЭ. Расчетное значение удельного сопротивления грунта в месте устройства заземления:

$$\rho = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi,$$

где $\rho_{\text{изм}}$ – измеренное сопротивление грунта;

ψ – коэффициент повышения сопротивления.

При отсутствии данных измерения удельного сопротивления грунта для расчетов пользуются примерными значениями (табл.10.1)

Таблица 10.1 – Удельные сопротивления грунтов

Грунт	Удельное сопротивление ρ , Ом·м
Песок	700
Супесь	300
Глина	40
Суглинок	100
Чернозем	60
Гравий, щебень	200
Каменистые почвы	400

Расчетные значения коэффициентов повышения сопротивления для различных грунтов приведены в табл.10.2

Таблица 10.2 – Коэффициенты повышения сопротивления

	Глубина заложения, м	Расчетные коэффициенты		
		ψ_1	ψ_2	ψ_3
Суглинок	0,8-3,8	2	1,5	1,4

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

Гравий, щебень	0-2	1,8	1,2	1,1
Песок	0-2	2,4	1,56	1,2
Глина	0-2	2,4	1,36	1,2
Супесь	0,7-1	2,2	1,5	1,1
Чернозем	0-3	2,4	1,4	1,3
Каменистые почвы	0-2	2,5	1,51	1,2

ψ_1 – удельное сопротивление грунта соответствует минимальному значению, грунт влажный.

ψ_2 – удельное сопротивление грунта соответствует среднему значению, грунт средней влажности.

ψ_3 – удельное сопротивление грунта соответствует наибольшему значению, грунт сухой.

Сопротивление одиночного заземлителя:

- пруткового электрода диаметром 12 мм, длиной 5 м

$$R_o = 0,00227 \cdot \rho$$

- угловой стали размером 50x50x5 мм, длиной 2,5 м

$$R_o = 0,0034 \cdot \rho$$

- трубы диаметром 60 мм, длиной 2,5 м

$$R_o = 0,00325 \cdot \rho$$

- число вертикальных заземлителей:

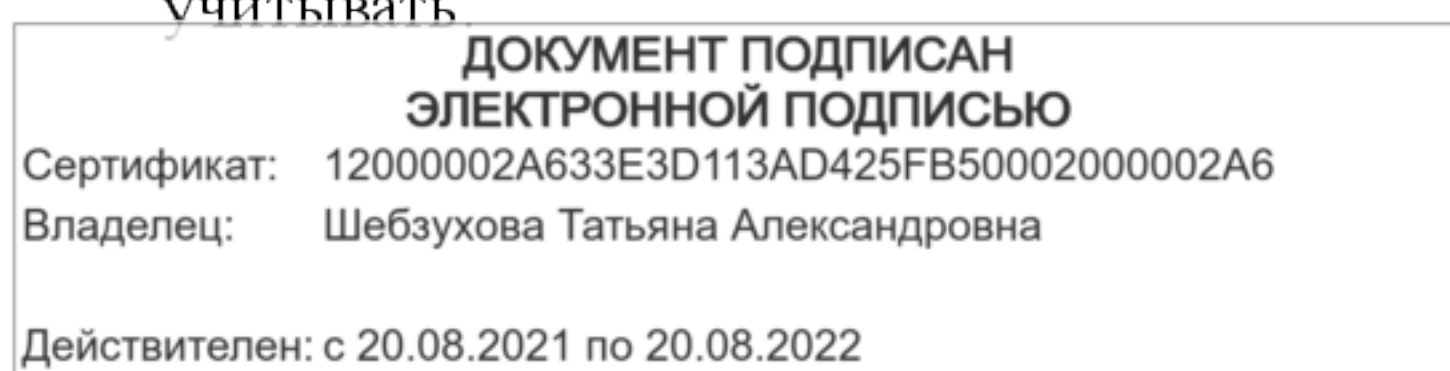
$$n = R_o / (\eta \cdot R_z),$$

где η – коэффициент использования.

Заземлители соединяют между собой посредством горизонтальных полос. По форме расположения заземлителей различают выносное и контурное заземление.

Способ размещения заземлителей (в ряд или по контуру) определяется по плану установки. Полосовая сталь, применяемая для электрической связи между электродами, является дополнительным заземлением. Ввиду сравнительно большого сопротивления соединительных полос оно мало влияет на общее сопротивление заземляющего устройства.

Поэтому в практических расчетах проводимость соединительных полос можно не учитывать.



Задания:**Задание №1**

Рассчитать количество заземлителей заземления подстанции напряжением 6/0,4 кВ.
На стороне напряжения 6 кВ нейтраль изолирована, на стороне 0,4 кВ – глухо заземлена.

Таблица 10.3 – Исходные данные для расчета

Вариант	$\ell_{\text{в}}$	$\ell_{\text{к}}$	заземлитель	Влажность грунта
1	10	20	труба	песок влажный
2	15	5	прутковый электрод	супесь средней влажности
3	20	10	труба	глина сухая
4	12	2	угловая сталь	суглинок влажный
5	14	4	угловая сталь	чернозем сухой
6	18	6	прутковый электрод	гравий средней влажности
7	10	8	труба	каменистые почвы влажный
8	20	15	угловая сталь	суглинок сухой
9	15	20	прутковый электрод	супесь влажный
10	12	5	труба	каменистые почвы сухой
11	18	15	угловая сталь	чернозем средней влажности
12	14	10	прутковый электрод	гравий влажный
13	10	4	прутковый электрод	глина средней влажности
14	15	6	труба	песок средней влажности
15			прутковый электрод	чернозем сухой

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

Контрольные вопросы:

1. Что применяют в качестве заземлителей.
2. Виды заземления по расположению заземлителей.
3. Требования ПУЭ к занулению.
4. Требования ПУЭ к заземлению.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №11. Расчет и выбор элементов релейной защиты цехового трансформатора.

Цель: Приобрести практические навыки по выбору элементов релейной защиты

Основы теории:

Защита, устанавливаемая на силовом трансформаторе, должна или обеспечивать его отключение при коротких замыканиях, или подавать сигнал о ненормальном режиме работы трансформатора. Установленная на трансформаторе защита выполнена на оперативном переменном токе с применением реле прямого действия типов РТМ и РТВ, реле косвенного действия типа РТ-80 и газового реле. Защита от внутренних повреждений в трансформаторе осуществляется газовым реле ПГ-22.

Задания:

Задание №1

Выбрать типы защит и определить уставки срабатывания реле для защиты силового трансформатора в соответствии со следующими данными.

Таблица 11.1 – Исходные данные для расчета релейной защиты

№ п/п	Электроприемник	Схема РЗ	I _к , кА	
			1	2
1	ТМ – 100/10/0,4	НЗ	0,2	0,04
2	ТМ – 250/10/0,4	НЗ	6	1,2
3	ТМ – 250/6/0,4	Разн.	12,5	2,4
4	ТМ – 250/10/0,4	Разн.	12,5	2,4
5	ТМ – 160/6/0,4	НЗ	0,3	0,06
6	ТМ – 250/6/0,4	НЗ	0,4	0,08
7	ТМ – 1000/10/0,4	НЗ	2,5	0,5
8	ТМ – 160/10/0,4	НЗ	3	0,6
9	ТМ – 160/10/0,4	Разн.	4	0,8
10	ТМ – 630/10/0,4	НЗ	1	0,2
11	ТМ – 400/10/0,4	НЗ	0,7	0,14
12	ТМ – 100/6/0,4	НЗ	0,8	0,16
13	ТМ – 100/6/0,4	Разн.	2,5	0,5

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

14	ТМ – 400/10/0,4	Разн.	2	0,4
15	ТМ – 630/10/0,4	Разн.	3,2	0,64

Контрольные вопросы:

1. Назначение релейной защиты.
2. Виды релейной защиты и основные требования к устройствам автоматики в системах электроснабжения.
3. Принцип действия дифференциальная токовая защита.
4. Принцип действия максимальная токовая защита.
5. Принцип действия токовой отсечки.
6. Какие показатели учитываются при расчёте оперативного тока релейной защиты?

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения объектов : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 357 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3979-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469117>

2. Данилов, М.И. Инженерные системы зданий и сооружений (электроснабжение с основами электротехники) : учебное пособие / М.И. Данилов, И.Г. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 223 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457214>

5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения промышленных и гражданских зданий: учебник / Ю.Д. Сибикин. - 6-е изд., перераб. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 508 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8608-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459494>

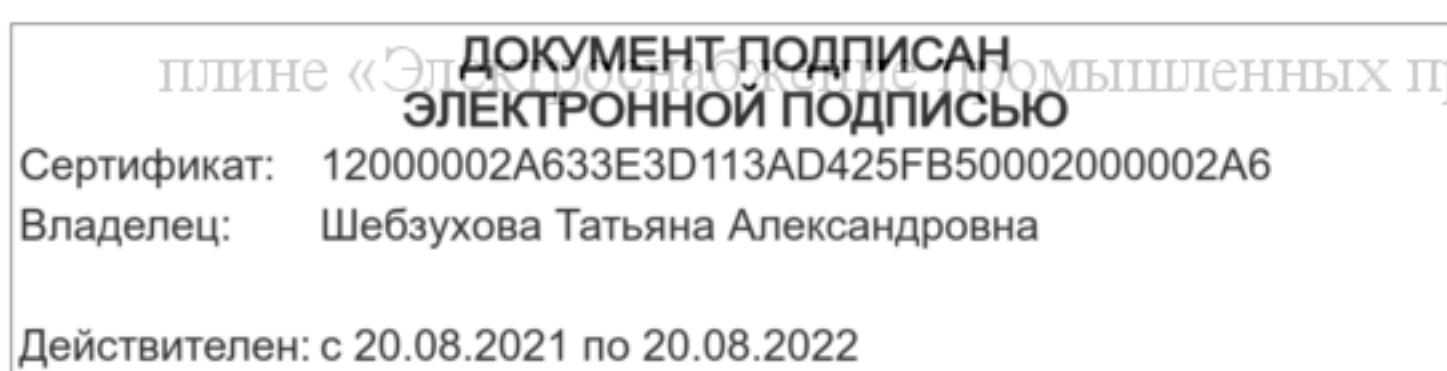
5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

3. Методические рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

4. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий».



**5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет,
необходимых для освоения дисциплины**

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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

Методические указания

по выполнению расчетно-графической работы
по дисциплине

«Электроснабжение промышленных предприятий»
направления подготовки

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель, задачи и реализуемые компетенции дисциплины	
2.	Формулировка задания и ее объем	
3.	Общие требования к написанию и оформлению работы	
4.	Рекомендации по выполнению задания	
5.	План-график выполнения задания	
6.	Критерии оценивания работы	
7.	Порядок защиты работы	
8.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
8.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освое- ния дисциплины	
8.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обу- чающихся по дисциплине	
8.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Введение

Одним из основных видов занятий по курсу дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» является выполнение контрольной работы. Предлагаемые в методическом указании задания охватывают весь основной материал курса и соответствуют утвержденной программе.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель, задачи и реализуемые компетенции дисциплины

Цель изучения дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» состоит в получении знаний о построении и режимах работы систем электроснабжения промышленных и гражданских объектов, а также объектов сельского хозяйства и транспортных систем.

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

При выполнении контрольной работы реализуются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

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-4 _{ПК-1} Участвует в разработке документации для отдельных разделов проекта системы электроснабжения	Знает общие требования к проектированию систем электроснабжения промышленных предприятий. Умеет участвовать в разработке документации для отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов. Владеет навыками использования нормативной документации.
ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Знает методы и средства теоретического и экспериментального исследования электрических цепей. Умеет выбирать электрооборудование на основе полученных результатов расчетов. Владеет навыками понимания взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия.

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

2. Формулировка задания и ее объем

Задание №1

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

Исходные данные для расчета электрических нагрузок приведены в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные для расчета электрических нагрузок

Номер варианта	Данные электроприемников			
	$P_{уст}, \text{кВт}$	$K_{и}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$
1	2	3	4	5
1	18,5; 0,75; 7,56; 11	0,14	0,6	1,33
	2,2; 4,0; 0,37; 1,5	0,65	0,8	0,75
2	15,3; 3,7; 8,75; 3,0	0,14	0,6	1,33
	8,2; 14,3; 22	0,65	0,8	0,75
3	16,1; 7,2; 3,0; 5,5; 10,1	0,14	0,6	1,33
	7,3; 2,8; 14,2	0,65	0,8	0,75
4	19,7; 5,0; 6,1; 21,5; 2,2	0,14	0,6	1,33
	9,3; 12,0; 27,4; 13	0,65	0,8	0,75
5	24,5; 16,1; 7,3; 4,5; 0,7	0,14	0,6	1,33
	10,5; 8,2; 3,16; 24,3	0,65	0,8	0,75
6	18,5; 0,75; 7,5; 13; 2,0	0,14	0,6	1,33
	7,0; 12,6; 3,5; 5,5	0,65	0,8	0,75
7	17,4; 7,6; 4,9; 10,3	0,14	0,6	1,33
	9,5; 13,6; 22,6; 2,2	0,65	0,8	0,75
8	8,2; 14,3; 8,7; 0,4; 5,3	0,14	0,6	1,33
	2,2; 7,7; 24,1; 13,5	0,65	0,8	0,75
9	19,3; 1,16; 8,3; 14,3	0,14	0,6	1,33
	6,5; 2,3; 16; 0,8	0,65	0,8	0,75
10	13,5; 3,7; 19; 4,0	0,14	0,6	1,33
	10,75; 12,6; 0,95; 7,3	0,65	0,8	0,75
11	11,6; 31; 20,3; 4,8	0,14	0,6	1,33
	10,3; 6,7; 4,2; 18,2	0,65	0,8	0,75
12	17,5; 7,5; 8,4; 4,3	0,14	0,6	1,33
	3,0; 4,12; 10,8; 0,9	0,65	0,8	0,75
13	14,3; 6,5; 9,3; 17	0,14	0,6	1,33
	4,3; 7,0; 0,75; 2,18	0,65	0,8	0,75
14	16,5; 7,3; 9,3; 4,9; 1,2	0,14	0,6	1,33
	6,8; 12,4; 26; 4,3	0,65	0,8	0,75
15	1,6; 3,9; 24,3; 16,5	0,14	0,6	1,33
	20,7; 16,4; 7,2; 3,0; 11,4	0,65	0,8	0,75
16	1,6; 3,9; 24,3; 16,5	0,14	0,6	1,33
	20,7; 16,4; 7,2; 3,0; 11,4	0,65	0,8	0,75
17	1,6; 3,9; 24,3; 16,5	0,14	0,6	1,33
	20,7; 16,4; 7,2; 3,0; 11,4	0,65	0,8	0,75

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

18	8,75; 11,3; 14,3; 7,5; 5,5	0,14	0,6	1,33
	9,1; 7,6; 21,1; 2,3	0,65	0,8	0,75
19	10,75; 8,7; 7,5; 16,5	0,14	0,6	1,33
	8,1; 14,5; 4,4; 8,1	0,65	0,8	0,75
20	12,8; 6,8; 13,6; 2,8	0,14	0,6	1,33
	17,4; 7,7; 4,2; 25,1	0,65	0,8	0,75

Задание №2

Выбрать сечение распределительной сети к электроприемнику и осуществить защиту электрической сети плавкими предохранителями.

Выбор электрической сети произвести по допустимому нагреву током нагрузки. Выбранное сечение согласовать с током защитного аппарата. Условия пуска электроприемников нормальные.

Данные электроприемников приведены в таблице 2

Таблица 2 – Данные электроприемников

Номер варианта	Данные электроприемников			
	Номинальная мощность, P_n	$\cos\varphi$	КПД	$I_n / I_{ном}$
1	2,2	0,87	83	6,5
2	11	0,9	88	7,0
3	18,5	0,92	88,5	7,0
4	3,0	0,88	84,5	6,5
5	15	0,91	88	7,0
6	7,5	0,88	87,5	7,5
7	30	0,9	90,5	7,5
8	37	0,89	90	7,5
9	4,0	0,89	86,5	7,5
10	5,5	0,91	87,5	7,5
11	45	0,9	91	7,5
12	23,5	0,87	82,3	6,0
13	16,2	0,84	87	6,5
14	17,3	0,83	85,5	7,0
15	13,5	0,88	86,5	7,0
16	10,5	0,87	85	6,5
17	14	0,86	89	7,0
18	17,4	0,89	90	7,5
19	12,5	0,86	89	7,0
20	7,0	0,87	88,5	6,5

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Задание №3

Выполнить расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения и произвести проверку питающего кабеля КТП на термическую стойкость к токам КЗ.

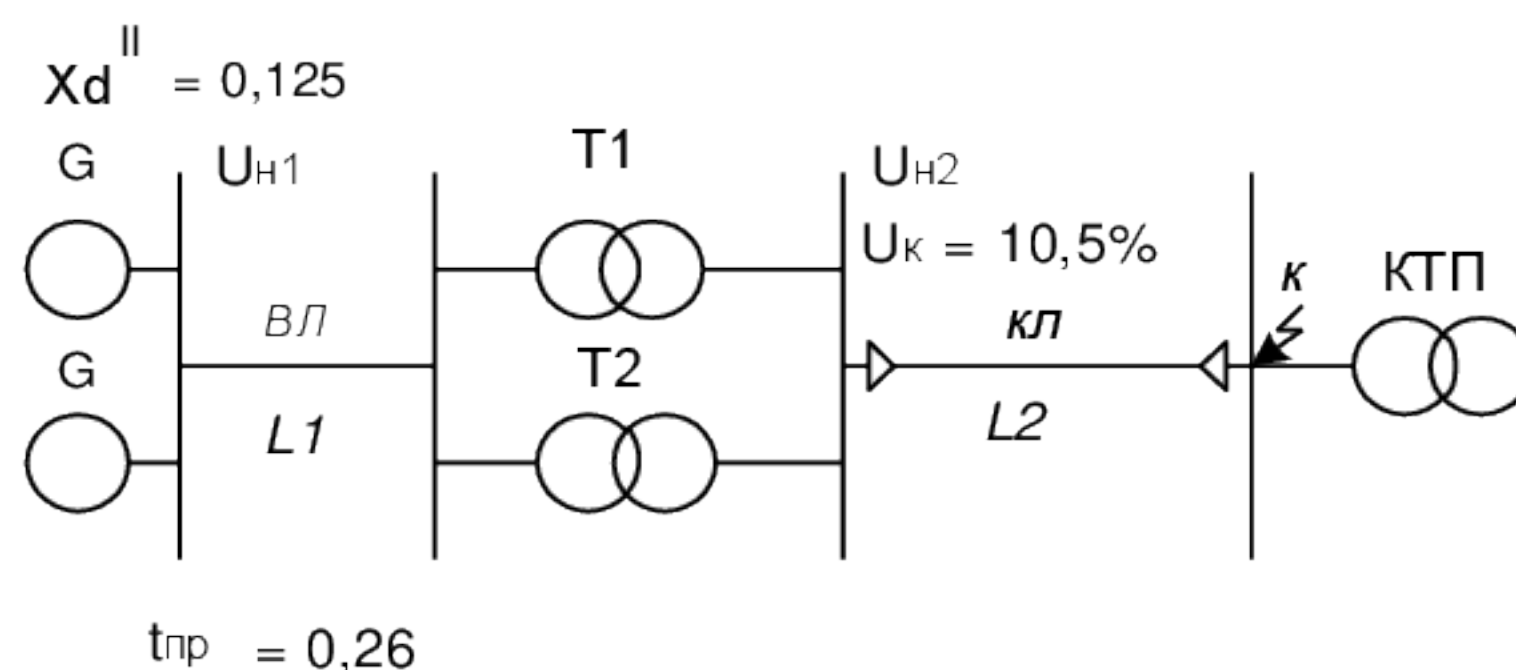


Рисунок 1 – Расчетная схема к заданию №3

Таблица 3 – Исходные данные для расчета

Номер варианта	$S_{\text{н генератора}}$ МВА	$L1$, км	$U_{\text{н1}}$, кВ	$U_{\text{н2}}$, кВ	$S_{\text{н т-ра}}$, МВА	$L2$, км	$S_{\text{н КТП}}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
1	150	25	115	10,5	40	1,5	160
2	125	50	115	10,5	63	0,85	400
3	155	35	37	6,3	25	1,0	250
4	150	30	115	6,3	25	1,5	400
5	240	70	115	10,5	63	0,7	630
6	175	40	37	10,5	40	0,8	630
7	250	25	115	10,5	25	0,9	400
8	215	80	115	10,5	40	1,0	250
9	175	30	115	6,3	16	1,2	400
10	150	25	37	10,5	40	1,0	630
11	240	50	115	10,5	25	0,8	630
12	220	70	115	10,5	25	0,75	400
13	220	20	115	6,3	63	0,75	250
14	155	35	115	10,5	40	1,1	160
15	135	40	115	10,5	16	0,9	250
16	180	70	115	10,5	63	1,5	630
17	175	85	115	10,5	40	1,8	400
18	215	70	115	10,5	40	2,4	400
19	250	25	37	6,3	16	1,0	250
20	185	35	115	10,5	63	0,9	630

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

3. Общие требования к написанию и оформлению работы

Основные требования к работе

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

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

Оформление по ГОСТу текста контрольной

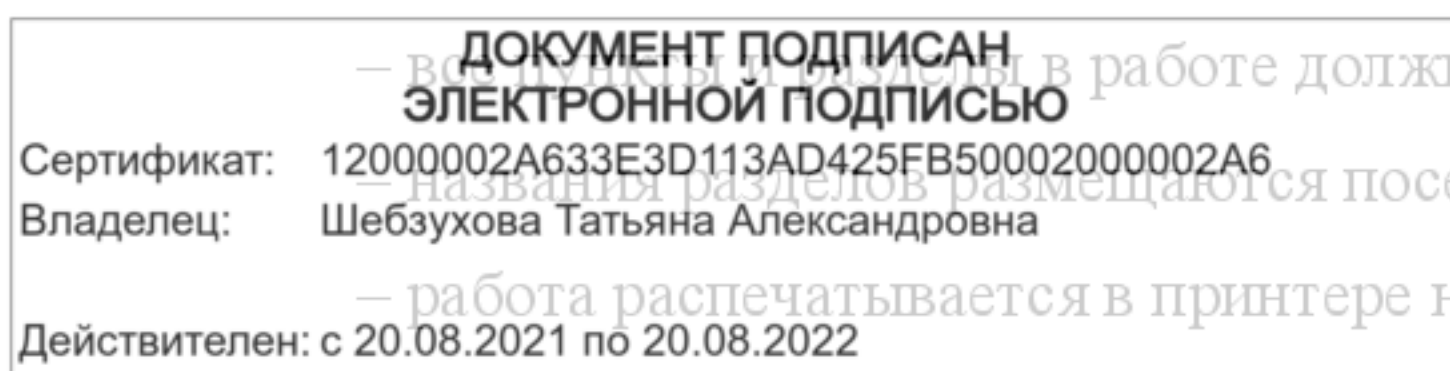
Когда работа выполнена, ее необходимо привести в соответствующий вид согласно ГОСТам:

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

– все заголовки и подзаголовки в работе должны быть пронумерованы арабскими цифрами;

– названия разделов размещаются посередине строки, подразделы — с левого края;

– работа распечатывается в принтере на листах А4;



– текст должен располагаться только на одной стороне листа.

Работа имеет такую структуру:

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

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

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

4. Рекомендации по выполнению задания

Указание к решению задачи №1

Метод применим, когда известны номинальные данные всех электроприёмников предприятия с учётом их размещения на территории предприятия.

Определяют среднюю нагрузку групп приёмников за максимально загруженную смену $P_{см}$ и расчётный получасовой максимум P_p :

$$P_{см} = k_u P_{ном.}$$

Расчётная максимальная нагрузка:

$$P_p = k_m P_{см},$$

где k_m – коэффициент максимума, в данном случае активной мощности, принимаемой по графикам, в зависимости от коэффициента использования и эффективного числа электроприёмников. Коэффициент максимума характеризует превышение максимальной нагрузки над средней за максимально загруженную смену. Величина, обратная коэффициенту максимума называется коэффициентом заполнения графика нагрузки $k_{зан}$:

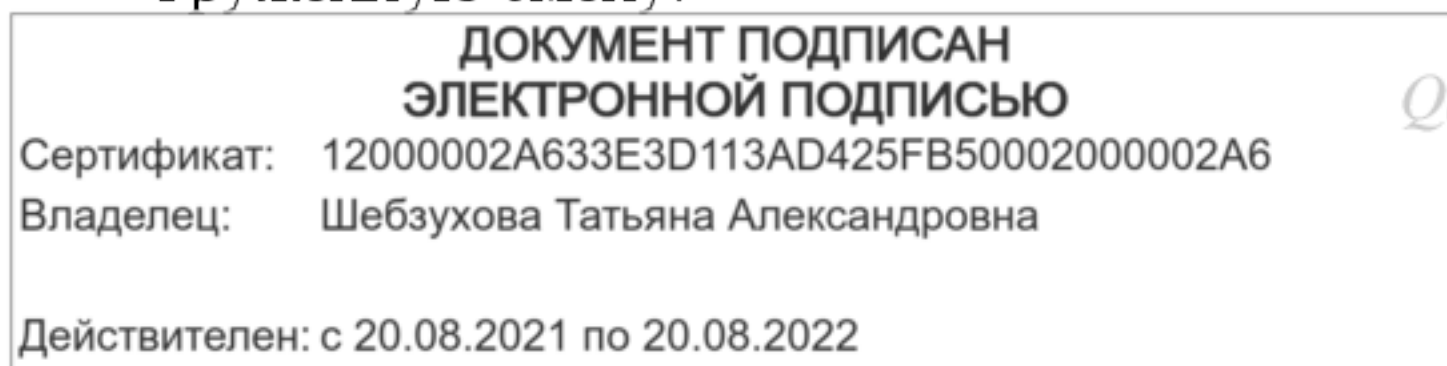
$$k_m = \frac{P_p}{P_{см}} = \frac{1}{k_{зан}}$$

Расчёты нагрузок проводят для активных и для реактивных мощностей.

Недостаток метода упорядоченных диаграмм в том, что он не содержит элемента прогнозирования нагрузок.

Порядок расчёта:

1. Все электроприёмники разбиваются на однородные по режиму работы группы с одинаковыми значениями коэффициентов использования и коэффициентов мощности.
2. В каждой группе электроприёмников и по узлу в целом находят пределы их номинальных мощностей и приведённое число приёмников, при этом все электроприёмники приводятся к ПВ=100%.
3. Подсчитывают номинальную мощность узла.
4. Определяют для групп электроприёмников коэффициент использования и коэффициент мощности $\cos\varphi$ по справочным таблицам и по характеристикам оборудования.
5. Определяют активную и реактивную потребляемую мощность за наиболее загруженную смену:



$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi$$

6. Определяют суммарную активную и реактивную нагрузку для узла для разнородных групп электроприёмников.

7. определяют средневзвешенное значение коэффициента использования узла и коэффициента мощности по $tg\varphi_{уз}$:

$$k_{у,уз} = \frac{P_{см,уз}}{\sum_1^n P_{ном}}$$

$$tg\varphi = \frac{Q_{см,уз}}{P_{см,уз}}$$

8. Определяют эффективное приведённое число электроприёмников n_n ,

9. С учётом коэффициента максимума определяют расчётную максимальную нагрузку,

10. Определяют полную мощность и расчётный ток:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{ном}}$$

Указание к решению задачи №2

Проводники электрических сетей от проходящего по ним тока нагреваются по закону Джоуля-Ленца:

$$Q=0,24I^2Rt$$

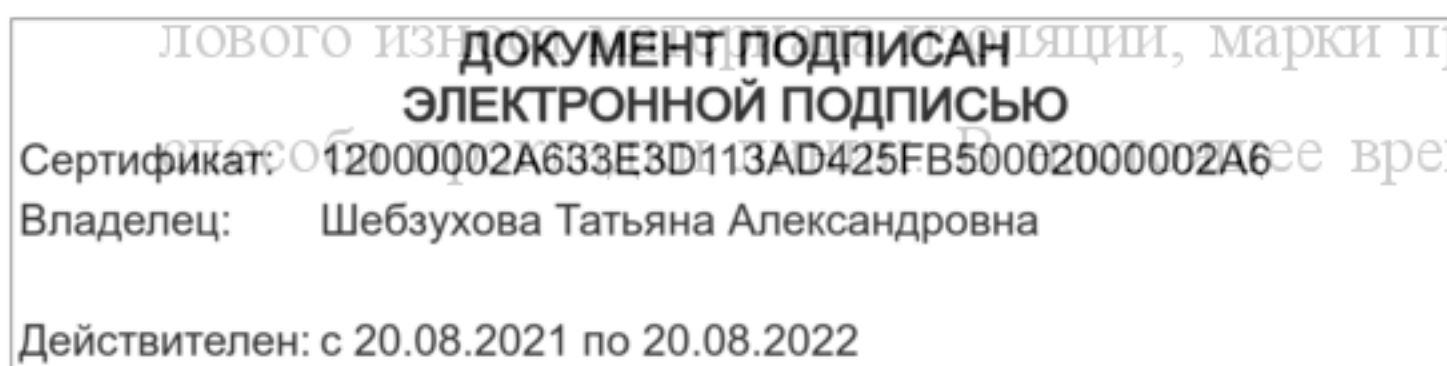
Наращение температуры происходит до тех пор, пока не наступит тепловое равновесие между теплом, выделяемом в проводнике, и отдачей в окружающую среду.

Чрезмерно высокая температура нагрева проводника может привести к уменьшению срока жизни изоляции, пожарной опасности. При перегреве с высокой температурой изоляция кабеля может оплавиться, что приведёт к необходимости замены всей кабельной линии, а в некоторых случаях может возникнуть взрыв (во взрывоопасной среде).

Длительно протекающий по проводнику ток, при котором устанавливается наибольшая длительная температура нагрева, называется предельно допустимым током по нагреву.

Значения максимально допустимых токов определены из условия допустимого теп-

лового износа изоляции, марки проводника, температуры окружающей среды,



таблицы, по которым можно определить сечение проводника исходя из вышеперечисленных условий.

При расчёте сети по нагреву сначала выбирают марку проводника, условия прокладки, условия охлаждения.

Для выбора сечения проводника сравнивают расчётный максимальный I_p и допустимый ток I_∂ , при этом должно соблюдаться условие:

$$I_p \leq I_\partial$$

Значения допустимых длительных токовых нагрузок в справочной литературе, указаны, как правило, для нормальных условий охлаждения. Если условия охлаждения отличаются от нормальных, например, при прокладке нескольких кабелей в траншее, что приводит к повышению температуры кабеля при протекании тока по соседним кабелям, то вводится поправочный коэффициент, который можно найти в справочной литературе, например, ПУЭ.

Токи нагрузки электроприёмников повторно-кратковременного режима работы нагревают проводники в меньшей степени, чем токи длительного режима, поэтому их следует пересчитать на условный приведённый длительный ток нагрузки. Тогда выбор проводника должен производиться по условию:

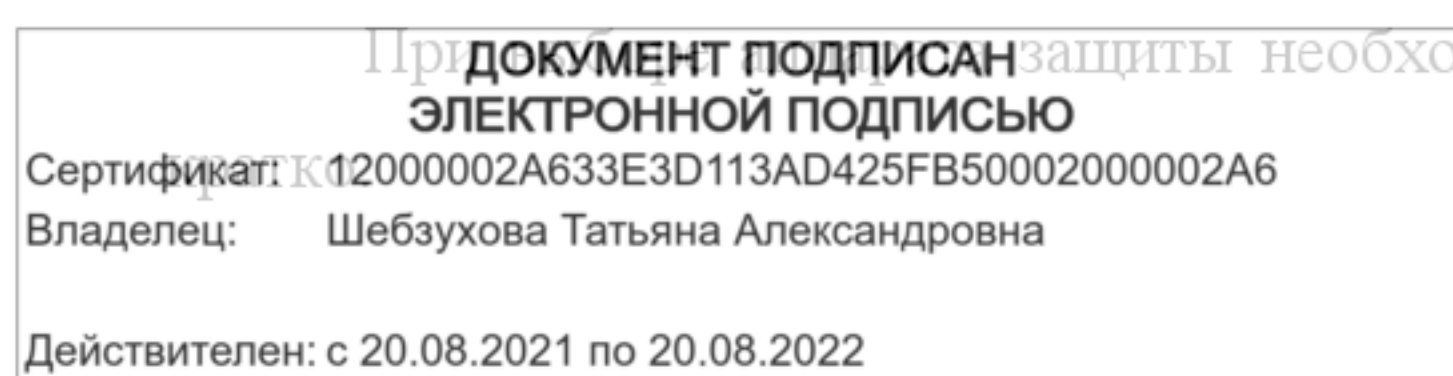
$$I_\partial \geq I_{ПВ} \frac{\sqrt{ПВ}}{0,875}$$

где ПВ – продолжительность включения (лекция 1), ИПВ – ток повторно-кратковременного режима.

Пересчёт производится только при $ПВ \leq 0,4$. Для сечения медных проводов выше 6 мм², и для алюминиевых – выше 10 мм² токовые нагрузки по нагреву принимают как для установки с длительным режимом работы.

Весьма распространённым видом аномального режима работы электроустановки являются перегрузки, сопровождаемые прохождением по проводникам повышенных токов, вызывающих их нагрев свыше допустимых значений.

От перегрузок необходимо защищать сети, выполненные внутри помещений открыто проложенными изолированными проводниками с горючей изоляцией, силовые сети, когда по условиям технологического процесса могут возникнуть длительные перегрузки и сети во взрывоопасной и горючей среде.



1) Номинальный ток и напряжение аппарата должны соответствовать расчётному длительному току и напряжению цепи.

2) Время действия аппарата должно быть минимальным, с учётом селективности.

3) Аппараты защиты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях эксплуатации, например, при пусковых токах электродвигателей.

4) Аппараты защиты должны обеспечивать надёжное отключение повреждённого участка цепи при любых видах КЗ и режимах работы нейтрали.

Надёжное отключение токов КЗ в сети напряжением до 1 кВ обеспечивается в том случае, когда отношение наименьшего расчётного тока КЗ к номинальному току плавкой вставки, либо току срабатывания автоматического выключателя будет не менее трёх.

В зависимости от вида защиты наряду с проверкой по допустимому нагреву устанавливают определённые соотношения между токами защитных аппаратов и допустимым током провода. Сечение проводника, соответствующее длительно допустимому току нагрева следует сравнивать с током срабатывания аппарата защиты. В сетях, которые должны быть защищены от перегрузки, эти соотношения, зачастую являются определяющими для выбора сечения проводников.

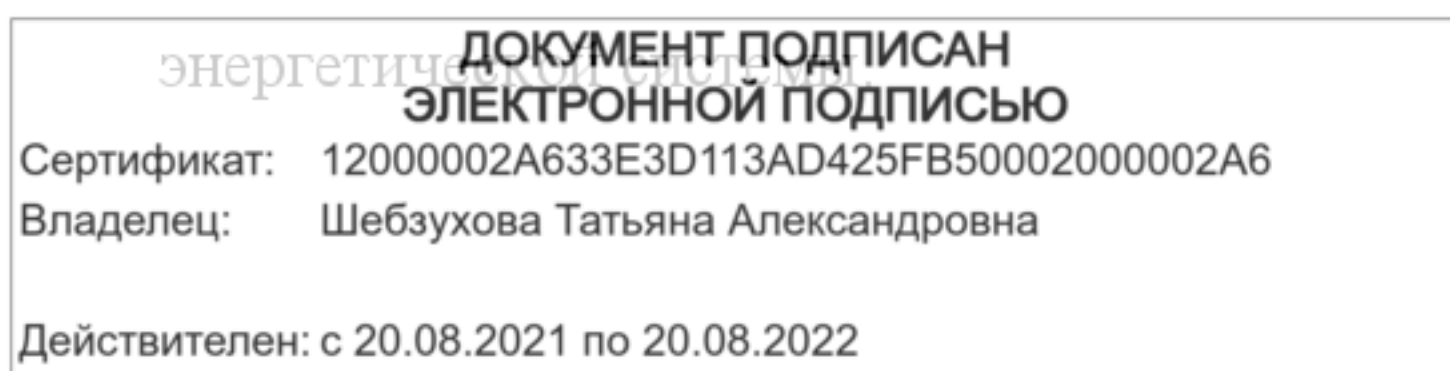
Указание к решению задачи №3

В электрических установках могут возникать различные виды коротких замыканий, сопровождающиеся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам к.з. и выбираться с учетом величин этих токов.

Различают следующие виды коротких замыканий: трехфазное, или симметричное, - три фазы соединяются между собой без соединения с землей; двухфазное – две фазы соединяются между собой без соединения с землей; однофазное – одна фаза соединяется с нейтралью источника через землю; двойное замыкание на землю – две фазы соединяются между собой и с землей.

Основными причинами возникновения таких коротких замыканий в сети могут быть: повреждение изоляции отдельных частей электроустановки; неправильные действия обслуживающего персонала; перекрытия токоведущих частей установки.

Короткое замыкание в сети может сопровождаться прекращением питания потребителей, резким снижением напряжения в сети, нарушением нормального режима работы



С момента возникновения короткого замыкания до его прекращения в короткозамкнутой цепи протекает переходный процесс, характеризуемый наличием двух составляющих токов короткого замыкания – периодического (колебательного) и аperiodического.

Периодическая составляющая изменяется по гармонической кривой в соответствии с синусоидальной ЭДС генератора. Аperiodическая - определяется характером затухания тока к.з., зависящего от активного сопротивления цепи и обмоток статора генератора. В цепи напряжением выше 1 кВ, где значение активного сопротивления мало, время затухания аperiodической составляющей составляет 0,15 – 0,2 с.

Основные соотношения между величинами токов короткого замыкания. Связь между величиной ударного тока i_y и начальным действующим значением периодической составляющей тока к.з. I_{n0} устанавливается из следующих соотношений:

а) аperiodическая составляющая затухает по закону экспонентной кривой, определяемой уравнением:

$$i_a = I_{a \text{ макс}} e^{-t/T_a},$$

где T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей, определяемая соотношением между индуктивностью и активным сопротивлением цепи к.з.

$$T_a = L_K / r_K$$

Учитывая, что при $\omega = 2\pi f_{\text{ном}} = 2\pi f_K$ величина индуктивного сопротивления $x_K = \omega L = 314 L$, откуда $L = x_K / 314$, получим, что

$$T_a = L_K / r_K = x_K / (314 r_K)$$

Здесь x_K , r_K – соответственно индуктивное и активное сопротивления цепи к.з.;

б) ударный ток, соответствующий времени 0,01 с, т.е. через полпериода после возникновения к.з.,

$$i_y = i_a + I_{n \text{ макс}},$$

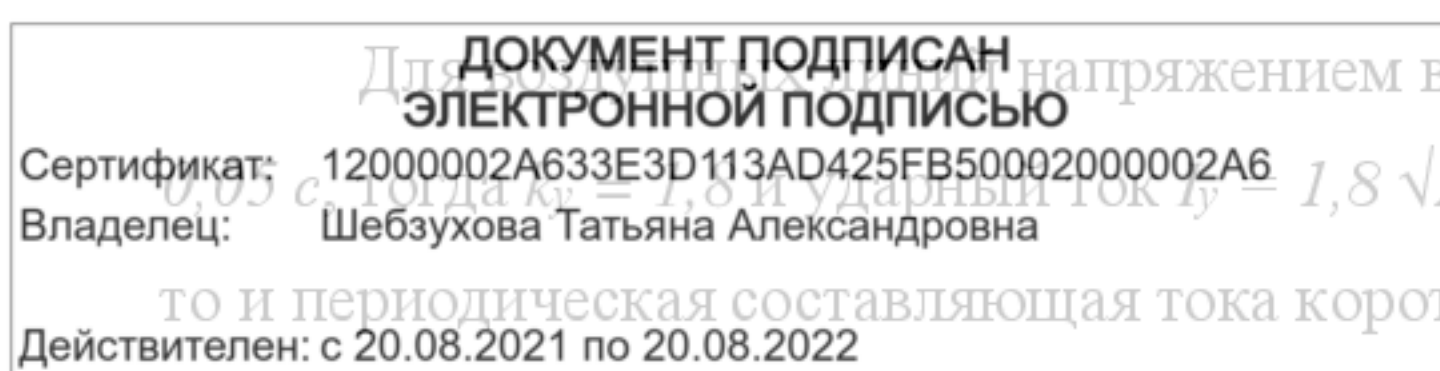
где $I_{n \text{ макс}} = \sqrt{2} I_{n0}$ – максимальное значение периодической составляющей тока к.з. $i_y = I_{a \text{ макс}} e^{-t/T_a} + I_{n \text{ макс}}$.

В момент $t=0$ ток $I_{n \text{ макс}} = I_{a \text{ макс}}$, тогда

$$I_y = I_{n \text{ макс}} + I_{n \text{ макс}} e^{-t/T_a} = I_{n \text{ макс}} (1 + e^{-t/T_a}) = \sqrt{2} I_{n0} (1 + e^{-t/T_a})$$

Обозначая величину $1 + e^{0,01/T_a} = k_y$, получим $I_y = k_y \sqrt{2} I_{n0}$

Ударным коэффициентом k_y учитывается соотношение между активным и индуктивным сопротивлениями цепи короткого замыкания, что определяется местом короткого замыкания.



Для напряжением выше 1 кВ постоянная времени затухания $T_a = 0,05$ с. Тогда $k_y = 1,8$ и ударный ток $I_y = 1,8 \sqrt{2} I_{n0} = 2,55 I_n$. Если ЭДС источника неизменна, то и периодическая составляющая тока короткого замыкания будет неизменна:

$$I'' = I_{n0} = I_{\kappa}$$

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5. План-график выполнения задания

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

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

6. Критерии оценивания работы

В целях повышения качества выполняемых расчетно-графических работ преподаватель руководствуется следующими критериями оценивания письменных работ студентов.

Оценка «зачтено (отлично)» выставляется, если студент:

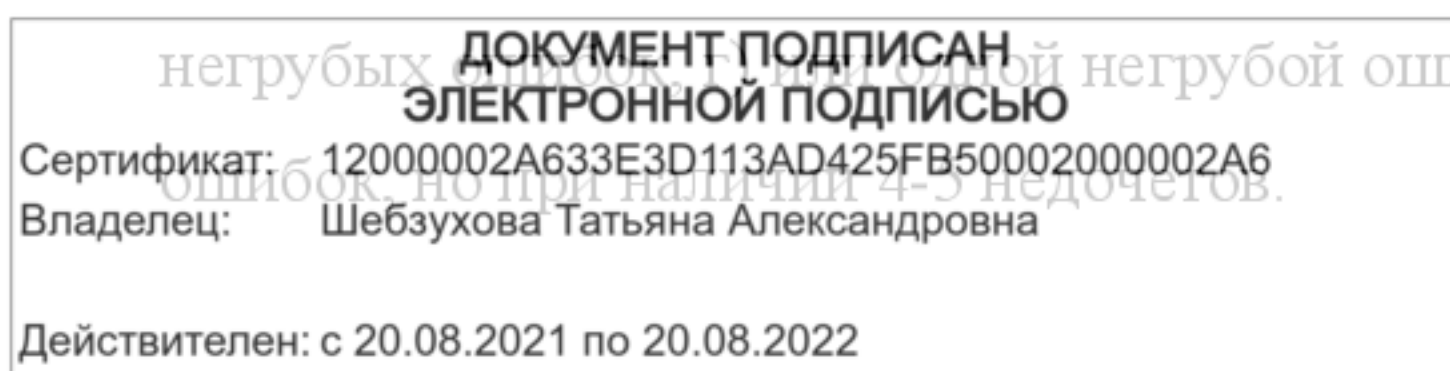
- представил расчетно-графическую работу в установленный срок и оформил ее в строгом соответствии с изложенными требованиями;
- использовал рекомендованную и дополнительную учебную и страноведческую литературу;
- при выполнении упражнений показал высокий уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, проявил творческий подход при ответе на вопросы, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие выводы;
- выполнил работу грамотно с точки зрения поставленной задачи, т.е. без ошибок и недочетов или допустил не более одного недочета.

Оценка «зачтено (хорошо)» выставляется, если студент:

- представил расчетно-графическую работу в установленный срок и оформил ее в соответствии с изложенными требованиями;
- использовал рекомендованную и дополнительную литературу;
- при выполнении упражнений показал хороший уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, практически правильно сформулировал ответы на поставленные вопросы, представил общее знание информации по проблеме;
- выполнил работу полностью, но допустил в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.

Оценка «зачтено (удовлетворительно)» выставляется, если студент:

- представил работу в установленный срок, при оформлении работы допустил незначительные отклонения от изложенных требований;
- показал достаточные знания по основным темам контрольной работы;
- использовал рекомендованную литературу;
- выполнил не менее половины работы или допустил в ней а) не более двух грубых ошибок, б) или не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) или не более двух-трех негрубых ошибок, г) или не более одной грубой ошибки и трех недочетов, д) или при отсутствии



Оценка «незачтено (неудовлетворительно)» выставляется:

- когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «зачтено (удовлетворительно)» или если правильно выполнено менее половины работы;
- если студент не приступал к выполнению работы или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

7. Порядок защиты работы

Написанная студентом расчетно-графическая работа сдается на кафедру в срок для рецензирования. Студент защищает расчетно-графическую работу до экзамена (зачета) перед преподавателем. Без защиты РГР студент к экзамену (зачету) не допускается.

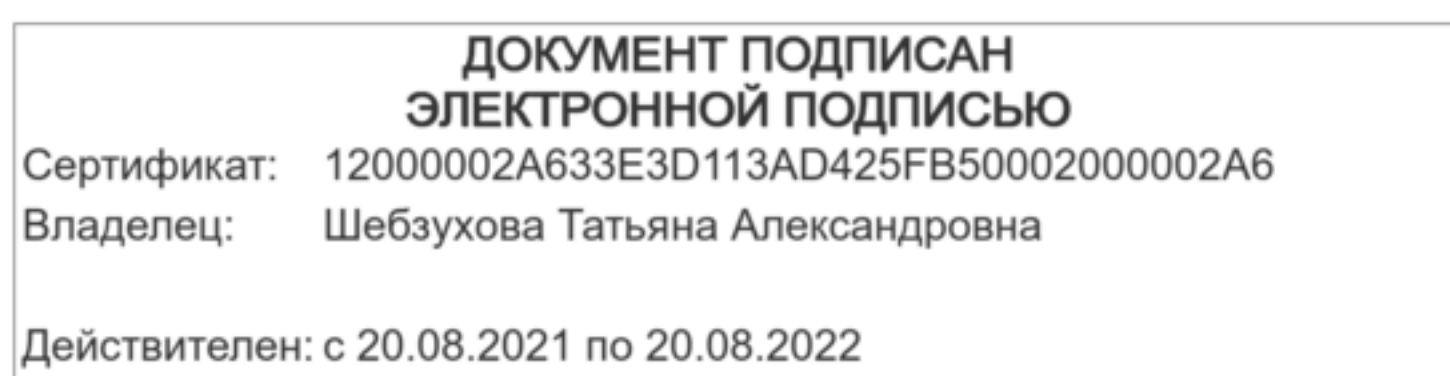
Работа не допускается к защите, если она не носит самостоятельного характера, списана из литературных источников или у других авторов, если основные вопросы не раскрыты, изложены схематично, фрагментарно, в тексте содержатся ошибки, научный аппарат оформлен неправильно, текст написан небрежно.

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

Защита расчетно-графической работы может проходить в различных формах по усмотрению преподавателя:

- в форме индивидуальной беседы студента с руководителем по основным положениям работы;
- в форме индивидуальной защиты в присутствии всей группы студентов;
- в форме групповой защиты – одновременной защиты контрольной работы по одному направлению. В этом случае каждый следит за ходом рассуждений товарищей, дополняет, уточняет их, что, несомненно, усиливает работу мысли и способствует развитию экономического мышления.

Любая форма защиты контрольной работы учит отстаивать свою точку зрения, убедительно аргументировать ее, что способствует перерастанию знаний в убеждения.



8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.2 Перечень основной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения объектов : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 357 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3979-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469117>

2. Данилов, М.И. Инженерные системы зданий и сооружений (электроснабжение с основами электротехники) : учебное пособие / М.И. Данилов, И.Г. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 223 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457214>

8.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения промышленных и гражданских зданий: учебник / Ю.Д. Сибикин. - 6-е изд., перераб. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 508 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8608-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459494>

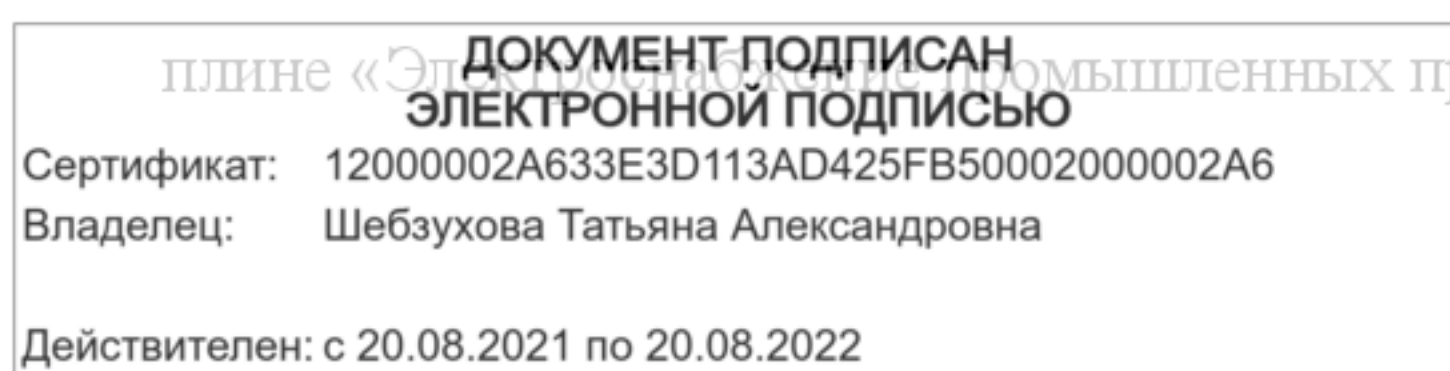
8.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

3. Методические рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

4. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий».



**8.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет,
необходимых для освоения дисциплины**

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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

Методические указания

по организации самостоятельной работы
по дисциплине
«Электроснабжение промышленных предприятий»
направления подготовки
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий»
 - 2 План-график выполнения самостоятельной работы
 - 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
 - 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
 - 5 Методические указания по подготовке к контрольной работе
 - 6 Методические указания по подготовке к экзамену.
 - 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

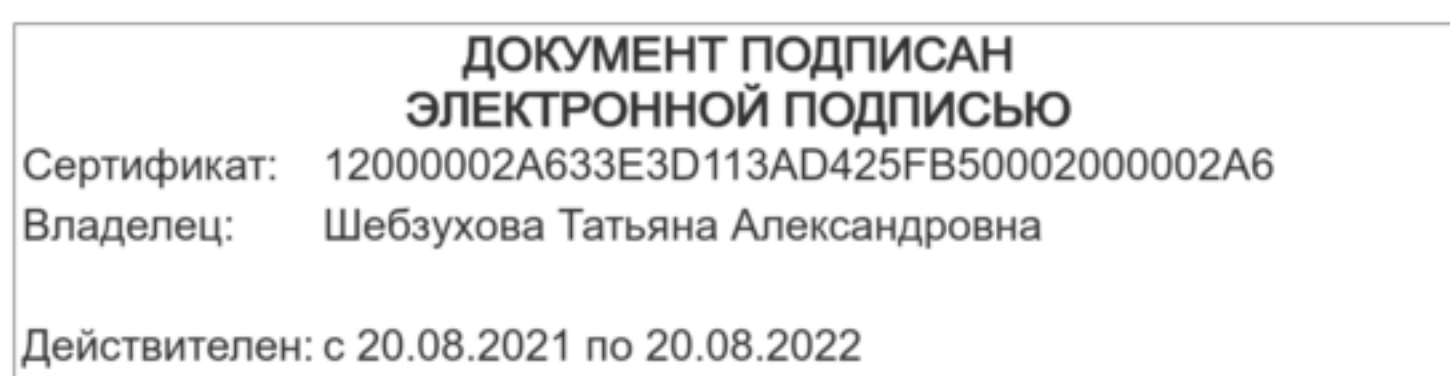
Введение

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

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

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

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



Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий»

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

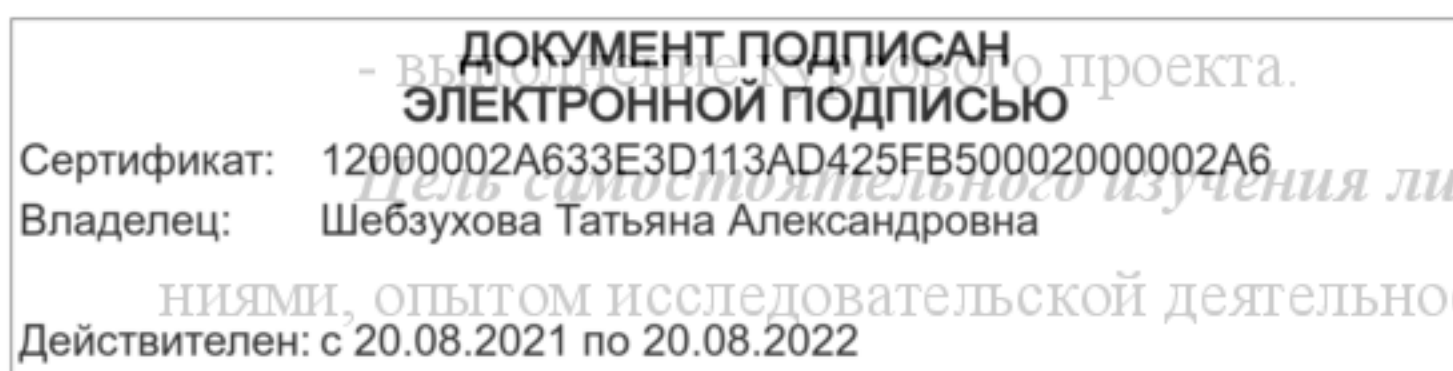
Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части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

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

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

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;



литературы – самостоятельное овладение зна-

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

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

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

Задачами самостоятельного решения задач являются:

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

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

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

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

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

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-4 _{ПК-1} Участвует в разработке документации для отдельных разделов проекта системы электроснабжения	Знает общие требования к проектированию систем электроснабжения промышленных предприятий. Умеет участвовать в разработке документации для отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов. Владеет навыками использования нормативной документации.
ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Знает методы и средства теоретического и экспериментального исследования электрических цепей. Умеет выбирать электрооборудование на основе полученных результатов расчетов. Владеет навыками понимания взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
8 семестр					
ПК-1 ИД-4 _{ПК-1} ПК-2 ИД-2 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Собеседование	26,595	2,955	29,55
	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	4,86	0,54	5,4
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	7,29	0,81	8,1
	Выполнение расчетно-графической работы	Собеседование	13,5	1,5	15
Итого за 8 семестр:			54,675	6,075	60,75
Итого:			54,675	6,075	60,75

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Контрольные точки и виды отчетности по ним

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

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

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

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

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

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

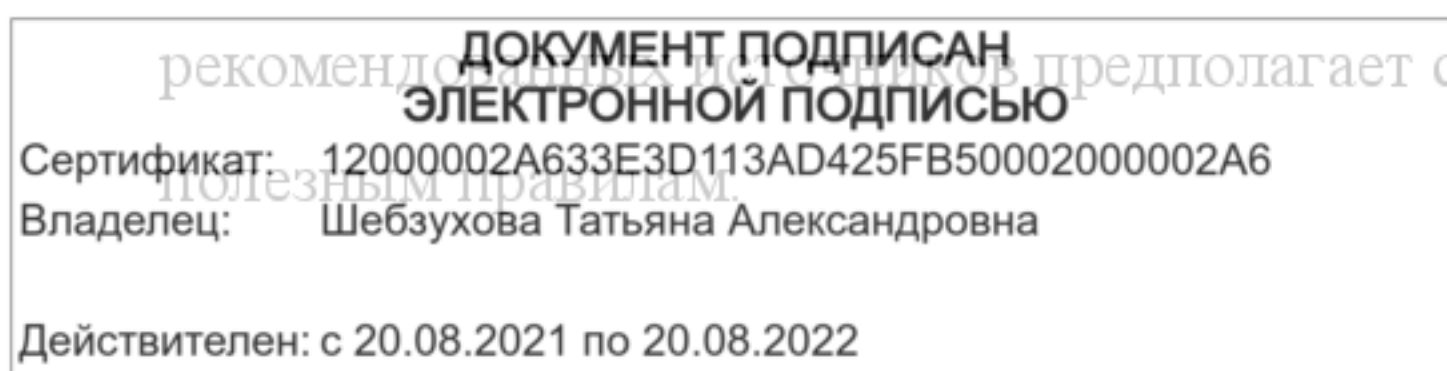
Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания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

рекомендованной литературы предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.



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

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

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

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

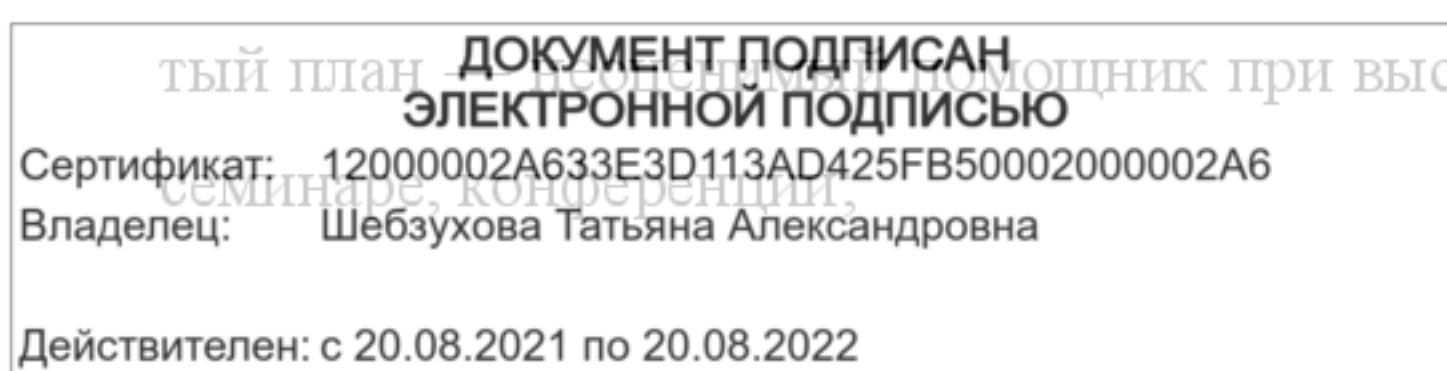
Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником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

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

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Разверну-

тый план — это краткий помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции.



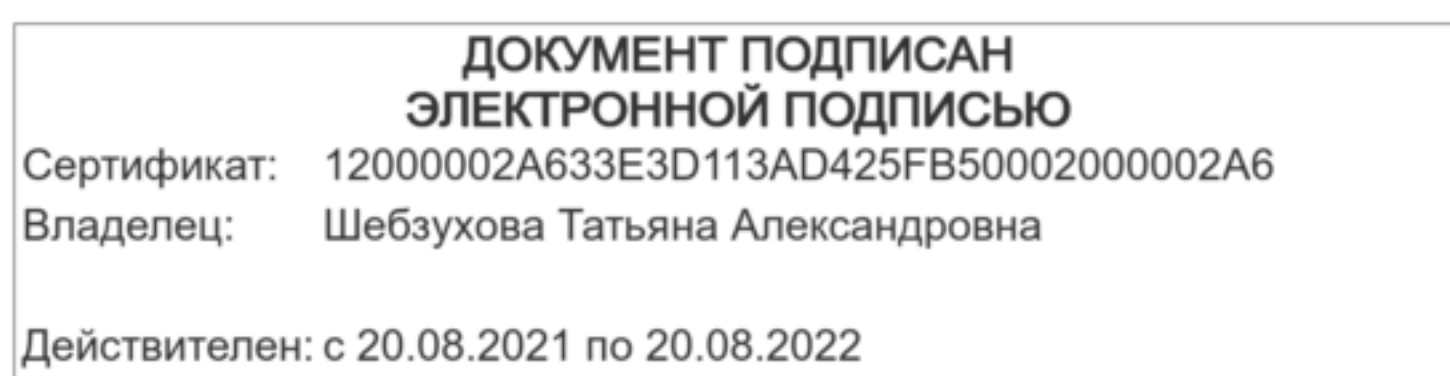
— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

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

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

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



Методические указания по подготовке к расчетно-графической работе

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

Цели выполнения к расчетно-графической работы заключаются:

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

При выполнении контрольной работы реализуются 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-4 _{ПК-1} Участвует в разработке документации для отдельных разделов проекта системы электроснабжения	Знает общие требования к проектированию систем электроснабжения промышленных предприятий. Умеет участвовать в разработке документации для отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов. Владеет навыками использования нормативной документации.
ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Знает методы и средства теоретического и экспериментального исследования электрических цепей. Умеет выбирать электрооборудование на основе полученных результатов расчетов. Владеет навыками понимания взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации системы электроснабжения промышленного предприятия.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические указания по подготовке к экзамену

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

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

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

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

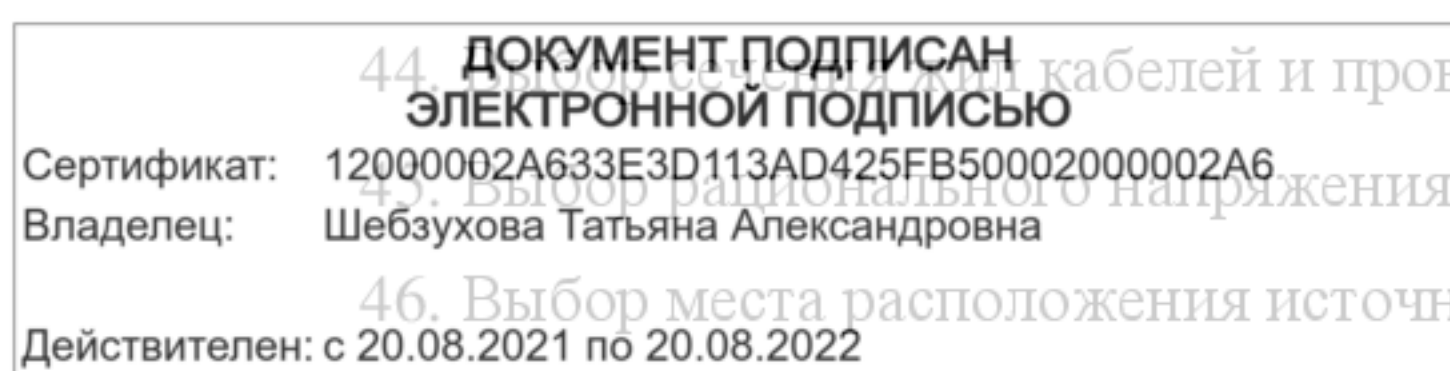
Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Вопросы к экзамену

1. Классификацию приемников электроэнергии и их характеристики.
2. Изменение частоты в сети и способы ее регулирования.
3. Способы определения, приведенного числа приемников.
4. Баланс активных и реактивных мощностей.
5. Защита электрических сетей осветительных установок.
6. Выбор сечений проводов и жил кабелей силовых электроприемников.
7. Методику технико-экономических расчетов.
8. Расчет токов КЗ в установках постоянного тока.
9. Нормирование показателей качества электроэнергии.
10. Расчет цеховых сетей повышенной частоты.
11. Режимы работы нейтрали в системах электроснабжения.
12. Отклонения и колебания напряжения.
13. Расчеты электрических нагрузок и показатели, характеризующие приемники электроэнергии.
14. Показатели несинусоидальности напряжений.

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

15. Метод удельных плотностей нагрузок.
16. Характеристика производственных помещений.
17. Общие рекомендации по выбору метода определения расчетных нагрузок.
18. Техничко-экономические показатели в системах электроснабжения.
19. Режим КЗ в цеховых сетях напряжения до 1000 В.
20. Шкала номинальных мощностей силовых трансформаторов.
21. Расчет сетей передвижных установок.
22. Режимы работы и регулирование мощности компенсирующих устройств.
23. Характерные приемники электроэнергии.
24. Показатели несимметрии напряжений.
25. Схемы и конструктивные исполнения междоцеховых электрических сетей.
26. Виды освещения и требования к системам их электроснабжения.
27. Вероятностный и статистический методы определения нагрузки.
28. Защита цеховых электрических сетей.
29. Использование математических методов в технико-экономических расчетах.
30. Шины и шинопроводы в системах электроснабжения.
31. Расчет систем молниезащиты промышленных объектов.
32. Определять расчетные нагрузки.
33. Определять расчетные нагрузки по средней мощности и коэффициенту формы.
34. Определять центр электрических нагрузок.
35. Определять нагрузки по удельному расходу электроэнергии и удельной нагрузке на единицу площади.
36. Определять средние нагрузки.
37. Определять среднеквадратические нагрузки.
38. Определять рациональное напряжение приближенным и аналитическим способом.
39. Выбор сечений осветительных сетей.
40. Выбор сечения жил кабелей и проводов по экономическим соображениям.
41. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов.
42. Выбор трехобмоточных трансформаторов и трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения (НН).
43. Выбор сечения жил кабелей и проводов ВЛ линий по нагреву.



44. Выбор сечения жил кабелей и проводов по действию токов КЗ.
45. Выбор рационального напряжения при равномерно распределенной нагрузке.
46. Выбор места расположения источника питания промпредприятия.

47. Выбор аппаратуры защиты электроцехового оборудования и сетей.

48. Выбор шин в цеховых электрических сетях.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения объектов : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 357 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3979-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469117>

2. Данилов, М.И. Инженерные системы зданий и сооружений (электроснабжение с основами электротехники) : учебное пособие / М.И. Данилов, И.Г. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 223 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457214>

Перечень дополнительной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения промышленных и гражданских зданий: учебник / Ю.Д. Сибикин. - 6-е изд., перераб. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 508 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8608-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459494>

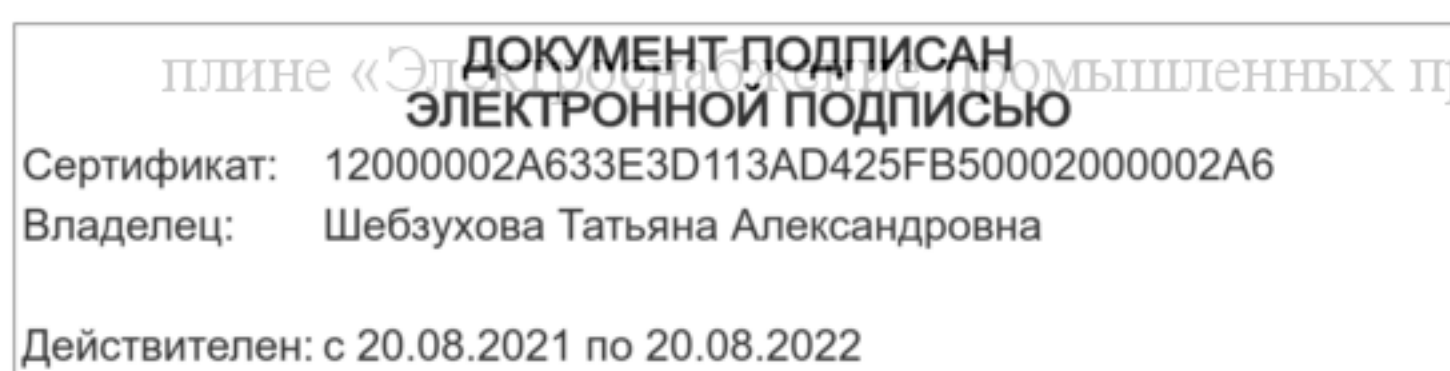
Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

3. Методические рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

4. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий».



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

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022