

параболы, представленные графически, будут иметь общую точку пересечения, в которой справедливо равенство

Задания:

Задание №1

Определить количество и мощность цеховых трансформаторов для двух вариантов. Сравнить экономические показатели вариантов с учетом затрат на установку БНК-0,38 кВ (табл. П22). В цехе имеются электроприемники всех категорий по надежности электроснабжения.

Вариант а. Расчетные нагрузки цеха $P_p = 4300$ кВт, $Q_p = 5000$ кВар, $S_{уд} = 0,3$ кВА/м².

Компенсация реактивной мощности в сети 0,38 кВ отсутствует.

Вариант б. Исходные расчетные данные те же, но в цеховой сети установлены БНК-0,38 кВ суммарной мощностью $Q_{бк} = 2000$ кВар.

Задание №2

Группа из трех цехов предприятия имеет потребителей II и III категорий. Расчетные нагрузки цехов:

$$P_{p1} = 2500 \text{ кВт}, P_{p2} = 1800 \text{ кВт}, P_{p3} = 2000 \text{ кВт}, \\ Q_{p1} = 2000 \text{ кВар}, Q_{p2} = 1900 \text{ кВар}, Q_{p3} = 2100 \text{ кВар}$$

Расстояние между цехами 50 м.

Определить количество и мощность цеховых трансформаторов, предусмотрев для потребителей II категории двухтрансформаторные ТП (вариант а). Для варианта б предусматриваются однострансформаторные ТП с резервированием в 20 % по вторичному напряжению между цехами. Дать экономическое сравнение вариантов.

Задание №3

Группа из четырех промышленных объектов имеет потребителей I, II и III категорий. Расчетные нагрузки каждого объекта:

$$P_{p1} = 3000 \text{ кВт}, P_{p2} = 3500 \text{ кВт}, P_{p3} = 2500 \text{ кВт}, P_{p4} = 5000 \text{ кВт}, \\ Q_{p1} = 2800 \text{ кВар}, Q_{p2} = 3200 \text{ кВар}, Q_{p3} = 3000 \text{ кВар}, Q_{p4} = 4500 \text{ кВар}.$$

Ближайший энергообъект (ТЭЦ) находится на расстоянии 6 км. Определить количество и мощность силовых трансформаторов подстанции, от которой предполагается питать промышленные объекты. Коэффициент разновременности максимумов нагрузки $k_{рм} = 0,81$.

Задание №4

Определить количество и мощность трансформаторов на подстанции глубокого ввода 110/10 кВ, от которой предполагается осуществить электроснабжение машиностроительного завода. Максимальная суточная нагрузка завода в течение двух часов $S_M = 23$ МВ·А.

Коэффициент заполнения графика $k_{зг} = 0,7$. Нагрузка потребителей I категории составляет $S_p = 4$ МВ·А.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте общие положения по выбору числа трансформаторов на подстанции.
2. По каким критериям выбирается мощность трансформаторов?
3. Как производится проверка трансформатора с учётом его перегрузочной способности?
4. Укажите порядок расчёта ТП.
5. Чем обусловлен существующий ряд мощностей трансформаторов?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Практическая работа № 5. Выбор места расположения питающих подстанций и схем электроснабжения промышленного предприятия. 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

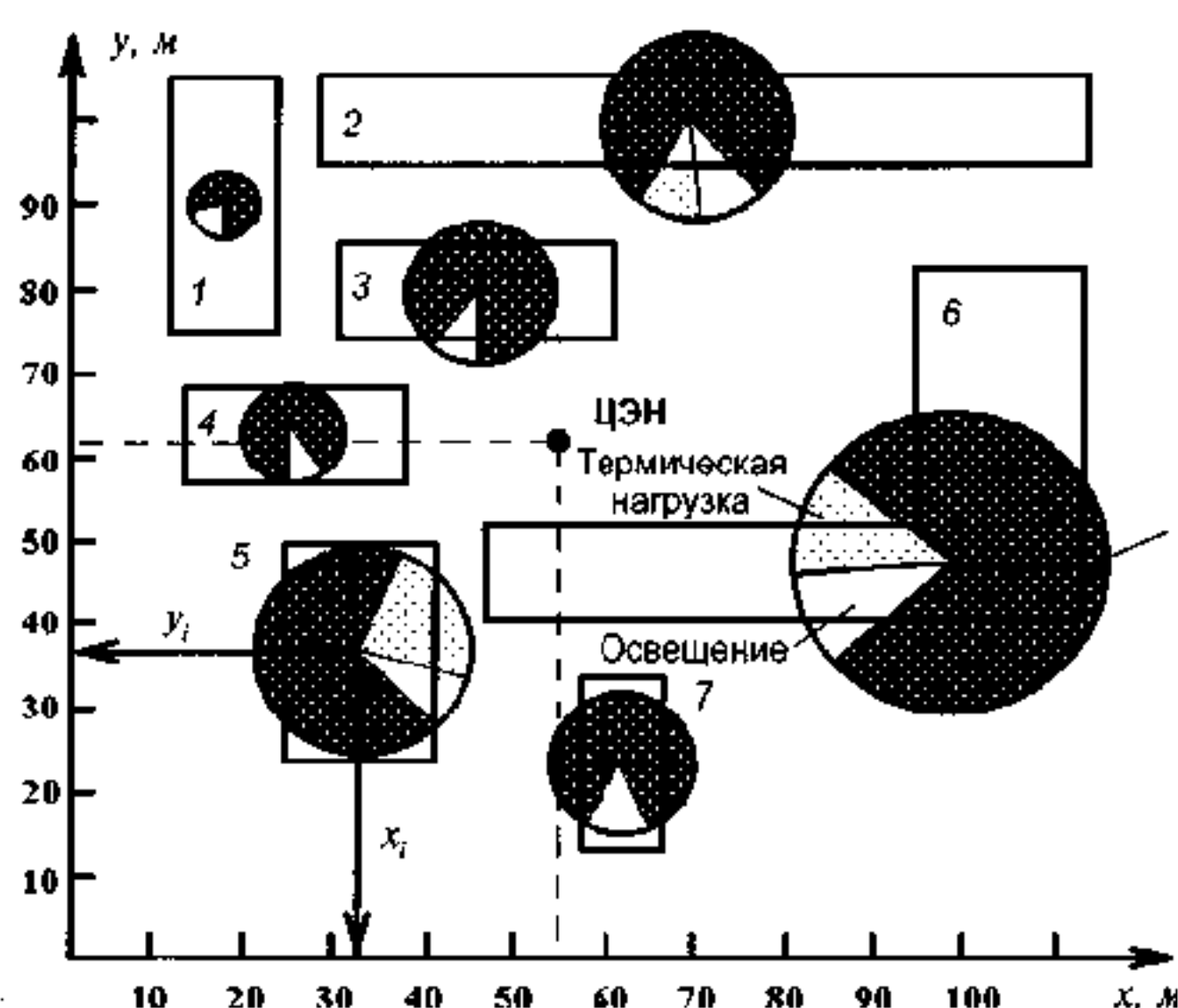
$$Z_i = \left(EK_i + P_i^2 \delta (\alpha K_{\text{ПМ}} + \beta \tau_i) \right) / \gamma U_{\text{ном}}^2 F_i l_i = z_i l_i$$

Суммарные приведенные затраты для n линий (радиально-лучевая сеть) теоретически определяются, если взять за основу детерминистскую точку зрения, согласно которой

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

существуют однозначные исходные данные для каждой линии к моменту принятия решения о размещении ИП, соответствующие реальности после завершения строительства и выхода на проектную производительность.

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.

Документ подписан
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0900043E9AB8B9E2205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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

центру питаемой нагрузки, под которым понимается условный центр. Проведя аналогию между массами и электрическими 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 нера-

ВЕНСТВ: ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E	$\varphi_k = a_k x + b_k y + c_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, m.$
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Центр электрических нагрузок 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 произвольную 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;

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

2) передвигая параллельно самой себе 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 уд центра нагрузок.

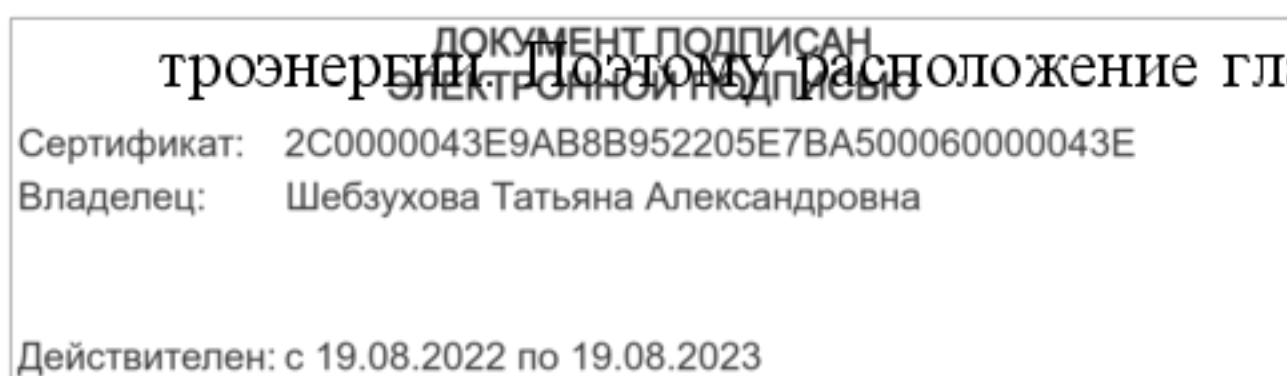
Оптимальное положение РП обычно будет не в центре нагрузок, получающих питание от него, поскольку это приводит к обратным потокам энергии, вызывающим увеличение расхода проводникового материала и потерь электроэнергии. Как правило, РП смещена к наибольшей нагрузке и располагается ближе к источнику питания. Выбор места РП I! первую очередь определяется наличием двигателей напряжением выше 1 кВ (компрессорные, насосные, воздухоудувные 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 элек-

троэнергии. Поэтому расположение главной понизительной или распределительной под-



станции вблизи питаемых ими нагрузок позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электроэнергии и сократить протяженность как сетей высокого напряжения предприятия, так и цеховых электрических сетей.

$$r_i = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{P_{p(i)}}{\pi}}.$$

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 $P_p(i)$ 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 3х10 км с силовыми нагрузками цехов (5 мм=0,1 км)

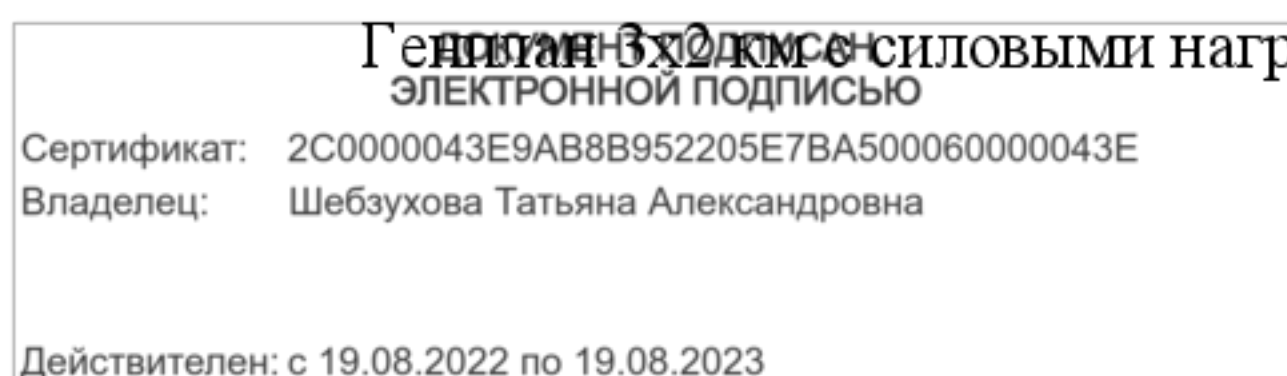


Таблица 9.1 – Исходные данные для расчета

Параметр	Номер цеха				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P, кВт	100	160	1000	400	25
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 нагрузок?
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?

Практическая работа №6. Коммутационные аппараты, шины и шинопроводы в системах электроснабжения. Коммутационные и защитные аппараты до 1 кВ.

Цель: Изучить выбор и расчет коммутационных и защитных аппаратов до 1 кВ.

Основы теории:

Управление режимами работы электроприемников напряжением до 1 кВ осуществляется коммутационными аппаратами: рубильниками, пакетными выключателями, магнитными пускателями. При этом, рубильники и пакетные выключатели обеспечивают только неавтоматическое (ручное) управление, а магнитные пускатели позволяют обеспечить и дистанционное управление.

Защита электрооборудования, элементов электрических сетей до 1 кВ от коротких замыканий осуществляется плавкими предохранителями и автоматическими выключателями (автоматами). Для защиты электрооборудования от перегрузок используются тепловые элементы магнитных пускателей или автоматов.

При выборе плавких предохранителей необходимо обеспечить выполнение следующих расчетных условий:

- номинальный ток плавкой вставки предохранителя $I_{\text{вс}}$ должен быть равным номинальному току электроприемника $I_{\text{н}}$ или превышать его, т.е.

$$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{н}}$$

- плавкий предохранитель не должен срабатывать при кратковременных увеличениях тока в защищенной цепи, например во время пуска электро-двигателя. В этом случае

$$I_{\text{вс}} \geq \frac{I_{\text{кр}}}{\alpha}$$

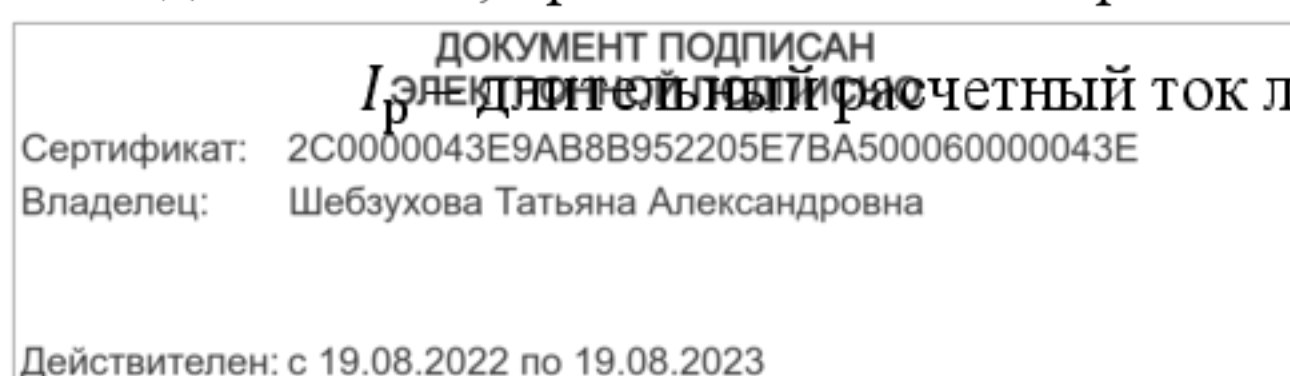
При защите предохранителем ответвления к одиночному электродвигателю кратковременный максимальный ток линии

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск}}$$

Если предохранителем защищается магистраль, питающая группу электроприемников, то

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.наиб}} + (I_{\text{р}} - k_{\text{и}} I_{\text{н.наиб}}),$$

где $I_{\text{пуск.наиб}}$ – пусковой ток одного или группы одновременно запускаемых электродвигателей, при включении которых в линии возникает наибольший пусковой ток;



$I_{\text{н наиб}}$ – номинальный ток электроприемника (при ПВ = 100%), имеющего наибольший пусковой ток;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент использования, характерный для электроприемников с $I_{\text{пуск.наиб}}$

Коэффициент кратковременной тепловой перегрузки $\alpha = 2,5$ – для легких условий; $\alpha = 1,6 \dots 2$ – для тяжелых условий пуска.

Из двух рассмотренных расчетных условий при выборе предохранителя принимается то из них, которое обеспечивает наибольшее значение $I_{\text{вс}}$.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату:

$$I_{\text{вс}} \geq 1,2 I_{\text{нс}} \sqrt{\text{ПВ}}.$$

где $I_{\text{нс}}$ – номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения.

Условия селективной работы предохранителей двух последовательно соединенных участков сети будут обеспечиваться, если номинальный ток вставки предохранителя предшествующего участка сети на две ступени превышает ток вставки предохранителя предшествующего участка сети на две ступени превышает ток вставки предохранителя, следующего за ним по направлению потока мощности участка сети.

Выбор автоматических выключателей и магнитных пускателей основан на выполнении следующих расчетных условий:

- номинальный ток расцепителя любого типа (теплого, электромагнитного) автомата, а также нагревательного элемента магнитного пускателя выбирается по длительному расчетному току линии:

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{дл}};$$

- ток срабатывания автомата с электромагнитным или комбинированным расцепителем проверяется по максимальному кратковременному току линии согласно условию

$$I_{\text{ср.з}} \geq 1,25 I_{\text{кр}}$$

где $I_{\text{кр}}$ – кратковременный максимальный ток линии.

Коэффициентом 1,25 учитывается неточность в определении тока $I_{\text{кр}}$ при разбросе характеристик электромагнитных расцепителей автоматов.

Задания:

Задание №1

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебунин Александр Александрович

Выбор предохранителей для защиты от коротких замыканий электродвигателей токарного станка, имеющего многодвигательный привод:

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$P_{H1} = 7,5 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,8; \eta = 87\%; k_{\text{пуск}} = 7.$$

$$P_{H2} = 4 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,78; \eta = 85\%; k_{\text{пуск}} = 6,5.$$

$$P_{H3} = 0,75 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,75; \eta = 82\%; k_{\text{пуск}} = 6.$$

Задание №2

Выбрать магнитный пускатель для управления асинхронным двигателем, номинальные параметры которого следующие:

$$P_H = 11 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,85; \eta = 87\%;$$

Задание №3

Выбрать автоматический выключатель для защиты асинхронного двигателя с фазным ротором, номинальные параметры которого следующие:

$$P_H = 11 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,86; \eta = 88\%; k_{\text{пуск}} = 2,5.$$

Задание №4

Выбрать предохранитель, защищающий ответвление к сварочному аппарату, номинальные параметры которого следующие:

$$S_H = 32 \text{ кВт} \cdot \text{А}; U_H = 380 \text{ В}; \text{ПВ} = 45\%.$$

Задание №5

Выбрать предохранитель для защиты от токов короткого замыкания асинхронного электродвигателя с номинальными параметрами:

$$P_H = 22 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,85; \eta = 89\%; k_{\text{пуск}} = 6,5.$$

Задание №6

К распределительному щиту цеха напряжением 380 В, выполненному панелями серии П (табл. П7), подключены радиальными питающими линиями шинопровод ШРА-4 и шкаф ШР-11. Расчетные нагрузки присоединенных электродвигателей составляют:

$$\text{Для шинопровода: } S_p = 12 \text{ кВт} \cdot \text{А}; P_{H \text{ наиб}} = 10 \text{ кВт}; k_{\text{пуск}} = 6,5; \cos\varphi = 0,76;$$

$$\eta = 85\%; \text{ для шкафа } S_p = 96 \text{ кВт} \cdot \text{А}; P_{H \text{ наиб}} = 22 \text{ кВт}; k_{\text{пуск}} = 6; \cos\varphi = 0,78;$$

$$\eta = 86\%.$$

Расставить предохранители для защиты питающих линий, определить номинальные

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C6900043E8AB8B953395E73A500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Контрольные вопросы:

1. Условия выбора защитной аппаратуры в электрических цепях напряжением до 1кВ.
2. Режимы работы электротехнических устройств.
3. Классификация электрических аппаратов.
4. Токоведущие и контактные детали электрических аппаратов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Практическая работа №7. Конструктивное исполнение электрических сетей, трансформаторных подстанций и распределительных устройств напряжением свыше 1000 В. Питающая и распределительная сеть 6 – 10 кВ предприятий.

Цель: Изучить основные схемы питающих и распределительных сетей 6 – 10 кВ предприятия.

Основы теории:

Передача и распределение электроэнергии на напряжении 6 – 10 кВ осуществляется в тех случаях, когда предприятия расположены недалеко (1 – 3 км) от источника питания и имеют сравнительно небольшие электрические нагрузки.

Система электроснабжения на напряжении 6 – 10 кВ таких предприятий включает в себя несколько составных элементов: питающую сеть 6 – 10 кВ, распределительный пункт и распределительную сеть того же напряжения с присоединенными к ней цеховыми трансформаторами.

Вся сеть напряжением 6 – 10 кВ таких предприятий выполняется, как правило, кабелями. Их пропускная способность определяется несколькими расчетными критериями в зависимости от используемых схемных решений: экономической плотностью тока, нагревом тока нагрузки продолжительного, послеаварийного режимов и термической устойчивостью тока аварийного режима.

Сечение жил кабеля по экономической плотности тока определяется по выражению

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{э}}},$$

где I_p – расчетный ток линии в продолжительном режиме работы;

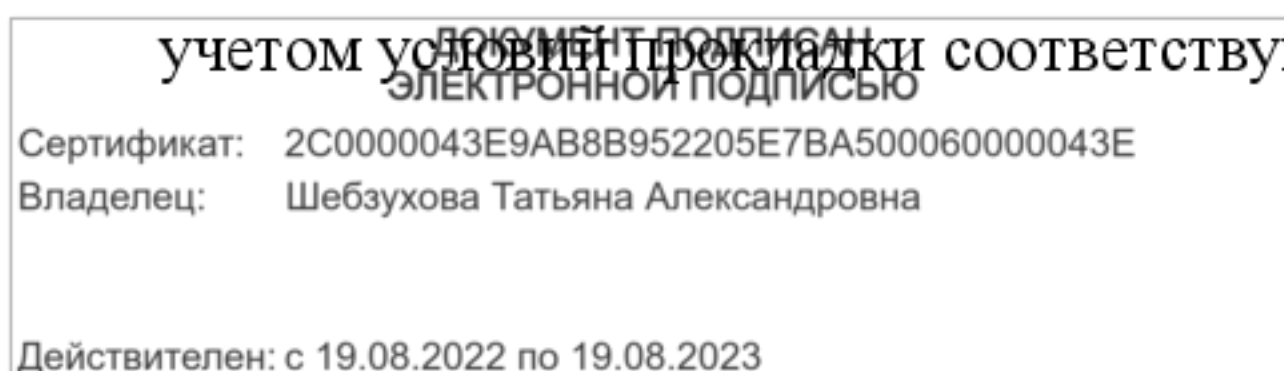
$j_{\text{э}}$ – экономическая плотность тока, принимаемая в зависимости от числа часов использования максимальной нагрузки, рода изоляции и материала проводника. По справочной литературе принимается ближайшее стандартное сечение и указывается допустимая токовая нагрузка.

Ток продолжительного режима работы линии

$$I_{\text{н}} \geq I_p,$$

где $I_{\text{н}}$ – номинальный ток кабеля, принимаемый по табл. П20 и корректируемый с

учетом условий прокладки соответствующими коэффициентами.



Послеаварийный режим может возникнуть в тех случаях, когда одна из линий, питающих электроустановку, отключается (при КЗ или ремонте), а оставшаяся в работе несет удвоенную нагрузку. Сечение жил кабеля для такого режима определяется по условию

$$F_{\text{ту}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C},$$

где $B_{\text{к}}$ – тепловой импульс от тока короткого замыкания,

C – расчетный коэффициент.

Величина теплового импульса

$$B_{\text{к}} = I_{\infty}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}),$$

где I_{∞} – действующее значение установившегося тока КЗ в начале линии;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения КЗ;

$T_{\text{а}}$ – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, определяемая по выражению

$$T_{\text{а}} = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}},$$

где x_{Σ} и r_{Σ} – результирующие индуктивное и активное сопротивления короткозамкнутой цепи;

ω – угловая частота.

Из перечисленных критериев определяющим в конкретных условиях становится тот, который обуславливает наибольшее сечение жил кабеля.

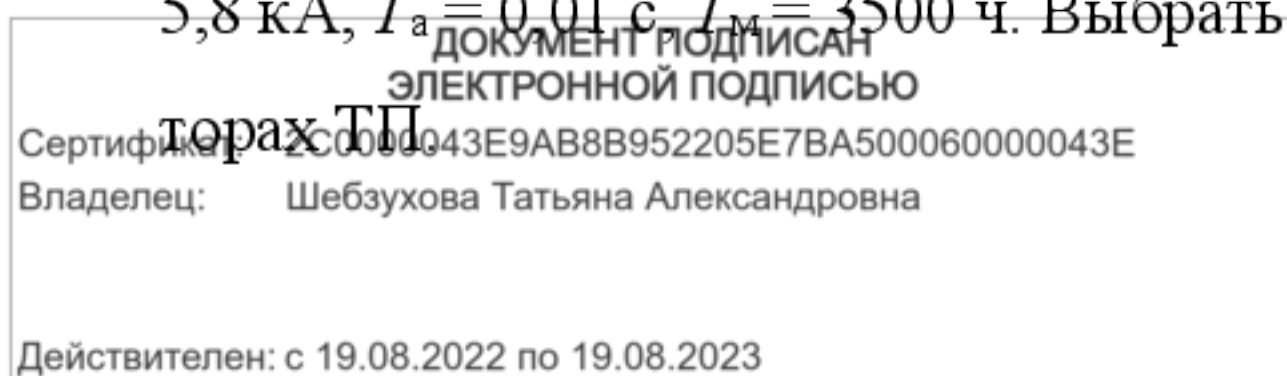
Задания:

Задание №1

Определить сечение радиальных кабельных линий, проложенных в земляной траншее и питающих двухсекционный РП напряжением 10 кВ. Расчетная нагрузка присоединенных потребителей $S_{\text{р}} = 8,5$ МВ·А. Время использования максимальной нагрузки $T_{\text{м}} = 4000$ ч, установившийся ток КЗ на шинах источника питания $I_{\infty} = 9$ кА, $T_{\text{а}} = 0,01$ с.

Задание №2

Две двухтрансформаторные ТП подключены к двойной сквозной магистрали. Номинальная мощность и коэффициент загрузки трансформаторов $S_{\text{н}} = 1000$ кВ·А, $k_{\text{з}} = 0,7$. Ток короткого замыкания на шинах РП напряжением 10 кВ, куда подключены магистрали, $I_{\infty} = 5,8$ кА, $T_{\text{а}} = 0,01$ с, $T_{\text{м}} = 3500$ ч. Выбрать кабели магистралей с учетом потерь в трансформаторах ТП.



Задание №3

Выбрать кабели радиальных линий напряжением 10 кВ, питающих двухтрансформаторную ТП мощностью 2×1600 кВ·А и коэффициентом загрузки $k_z = 0,7$. Ток КЗ на шинах РП, куда подключены линии, $I_\infty = 6$ кА, $T_a = 0,01$ с, $T_M = 3000$ ч. Кабели будут проложены в земляной траншее.

Задание №4

Определить сечение кабельной линии напряжением 10 кВ, питающей по схеме одиночной магистрали три однострансформаторные ТП с трансформаторами $S_n = 630$ кВ·А, $k_z = 0,85$. Ток КЗ на шинах РП, куда присоединена магистраль, для двух вариантов: а) $I_\infty = 12$ кА, б) $I_\infty = 5,5$ кА. Для обоих вариантов $T_a = 0,01$ с, $T_M = 3000$ ч.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить требования, предъявляемые к распределительным сетям на предприятии.
2. Какие существуют схемы питания промышленных предприятий? Приведите примеры.
3. Для чего секционируют системы шин?
4. Перечислить типы цеховых трансформаторных подстанций.
5. Указать особенности распределения электроэнергии внутри цеха на напряжении до 1000 В.

Практическая работа № 8. Компенсация реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности.

Цель: Изучить основные компенсирующие устройства реактивной мощности.

Основы теории:

Экономическое значение реактивной мощности (РМ), потребляемой из энергосистемы в часы больших нагрузок ее сети, определяется с учетом суммарных расчетных нагрузок (активной и реактивной) потребителя [10]:

$$\Delta \mathcal{E}_\Sigma = \overline{P}_p \cdot tg \varphi_\Sigma.$$

Математическое ожидание расчетных нагрузок потребителя

$$\overline{P}_p = P_p \cdot k_0, \quad \overline{Q}_p = \Delta Q_p \cdot k_0,$$

где k_0 – коэффициент приведения расчетных нагрузок, равный 0,9.

Нормативное значение коэффициента $tg \varphi_{\Sigma}$, которым пользуется энергоснабжающей организации, определяется по выражению

$$tg \varphi_{\Sigma} = \frac{240}{\alpha \cdot d_{\max} + 50b} tg \varphi_B \cdot k_1,$$

где $d_{\max}$ – отношение потребления энергии в квартале максимума нагрузки энергосистемы к потреблению ее в квартале максимума нагрузки предприятия; при отсутствии необходимых данных $d_{\max} = 1$;

α – основная ставка тарифа на активную мощность, руб./(кВт·год);

b – дополнительная ставка тарифа на активную энергию, руб./кВт·ч;

$tg \varphi_B$ – базовый коэффициент реактивной мощности, принимаемый равным 0,25; 0,3; 0,4 для сетей 6 – 20 кВ, присоединенных к шинам подстанции с высшим напряжением 35, 110 и 220 – 330 кВ соответственно;

k_1 – коэффициент удорожания конденсаторов, принимаемый равным кратности повышения тарифа на электроэнергию:

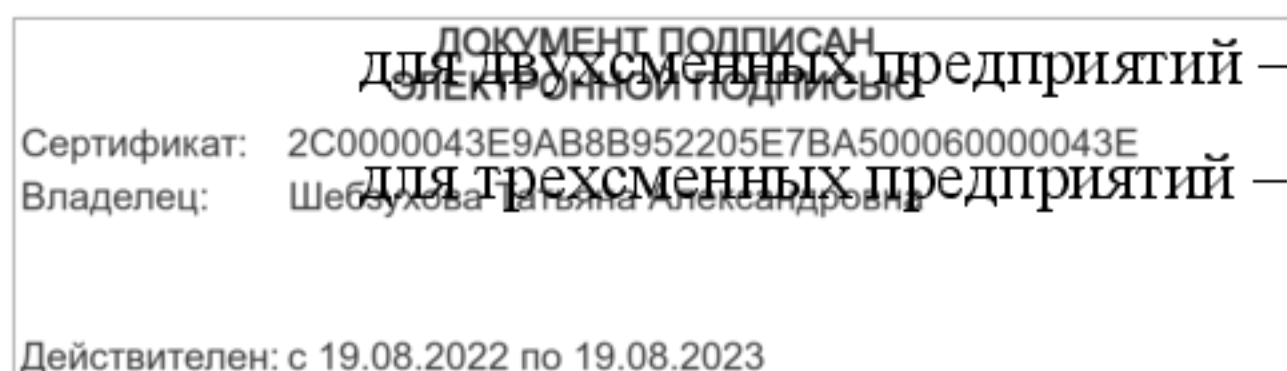
$$k_1 = k_w = \frac{\alpha \cdot k_{w1} + b \cdot k_{w2} \cdot 10^{-2} \cdot T_M}{\alpha + b \cdot T_M \cdot 10^{-2}},$$

где T_M – число часов использования максимальной нагрузки, определяемое характером и сменностью работы потребителя в год, ч:

для односменных предприятий – 1800 – 2500;

для двухсменных предприятий – 3500 – 4500;

для трехсменных предприятий – 5000 – 7000.



k_{w1} и k_{w2} – коэффициент увеличения основной и дополнительной ставок тарифа на электроэнергию (определяются делением действующих ставок тарифа на 60 и $1,8 \cdot 10^{-2}$) соответственно. Если в результате расчета окажется, что $\text{tg}\varphi_{\text{эн}} > 0,6$, то его значение принимается равным 0,6. Такое же значение $\text{tg}\varphi_{\text{эн}}$ принимается и для шин генераторного напряжения 6 – 20 кВ.

Выбор средств компенсации РМ осуществляется в два расчетных этапа:

при потреблении РМ из энергосистемы в пределах экономического ее значения $Q_{\text{э}}$;

при потреблении РМ из энергосистемы, превышающем экономическое значение $Q_{\text{п}}$.

На первом этапе определяется мощность батарей низковольтных конденсаторов (БНК), устанавливаемых в сетях до 1 кВ по критерию выбора минимального числа цеховых трансформаторов.

Для каждой группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности определяется минимальное их количество по выражению

$$N_{T\text{мин}} = \frac{P_{\text{рн}}}{\beta_T \cdot S_{T\text{н}}},$$

где $P_{\text{рн}}$ – суммарная расчетная активная нагрузка напряжением до 1 кВ данной группы цеховых трансформаторов;

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов, зависящий от категории потребителей по надежности электроснабжения;

$S_{T\text{н}}$ – номинальная единичная мощность цехового трансформатора, зависящая от удельной плотности нагрузки на единицу производственной площади [7].

Полученное значение округляется до ближайшего большего целого числа.

Наибольшая РМ, которую можно передать в сеть до 1 кВ при заданном β_T , определяется:

для трансформаторов, заполненных маслом или негорючей жидкостью:

$$Q_T = \sqrt{(1,1\beta_T S_{T\text{н}} N_{T\text{мин}})^2 - P_{\text{рн}}^2},$$

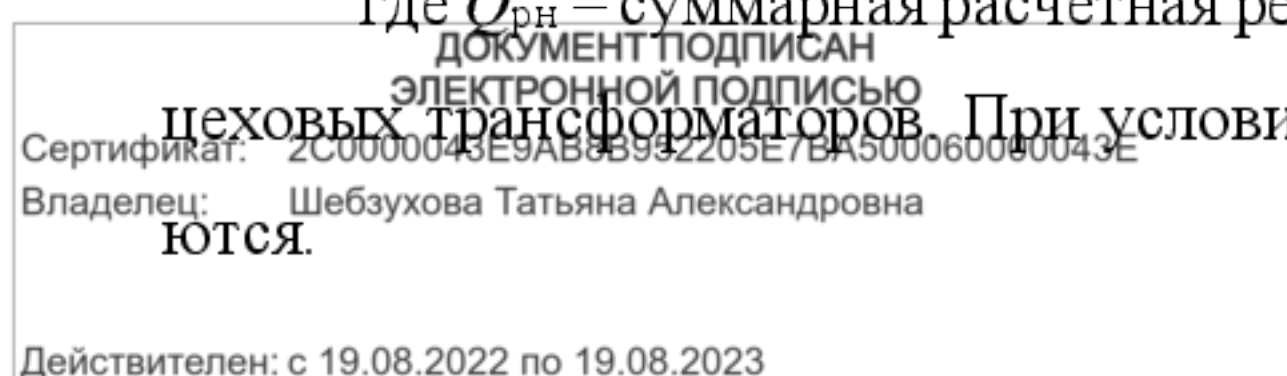
для сухих трансформаторов

$$Q_T = \sqrt{(1,05\beta_T S_{T\text{н}} N_{T\text{мин}})^2 - P_{\text{рн}}^2}.$$

Мощность низковольтных конденсаторов

$$Q_{\text{нк1}} = Q_{\text{рн}} = Q_T,$$

где $Q_{\text{рн}}$ – суммарная расчетная реактивная нагрузка до 1 кВ рассматриваемой группы цеховых трансформаторов. При условии, что $Q_{\text{нк1}} < 0$, БНК в сети до 1 кВ не устанавливаются.



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:

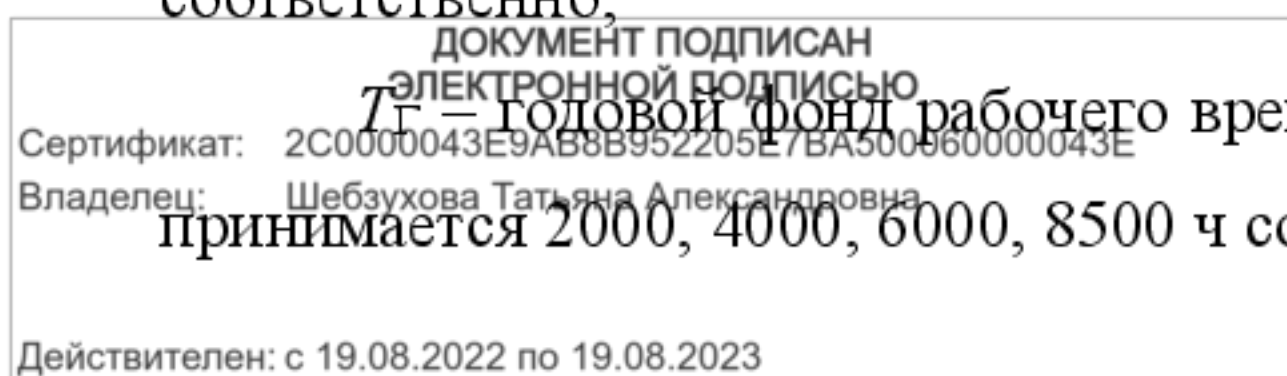
$$\text{при } \psi \leq K_M T_{M_{Qэ}} = \frac{T_{\Gamma}(K_M - 2\psi + 1)}{2(1 - \psi)};$$

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

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;

T_{Γ} – Годовой фонд рабочего времени; для 1-, 2-, 3-сменной и непрерывной работы принимается 2000, 4000, 6000, 8500 ч 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:

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

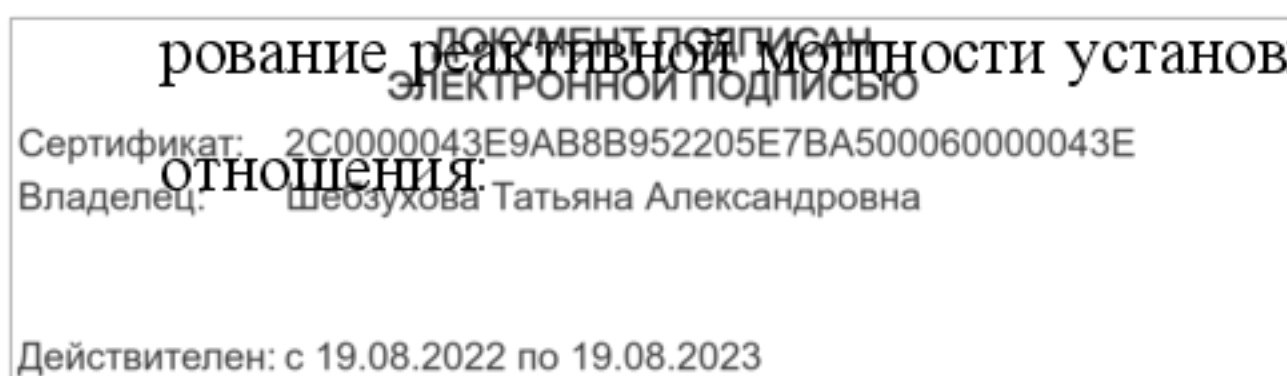
Если $\Delta Q' < 0$, то рекомендуется уменьшить значение $Q_{\text{э}}$ до обеспечения условия $\Delta Q' = 0$. При $\Delta Q' > 0$ рассматривается возможность получения дополнительной реактивной мощности от следующих источников:

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

отношения.



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

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:

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

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

$Z_{\text{нк}}$ и $Z_{\text{вк}}$ – 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.

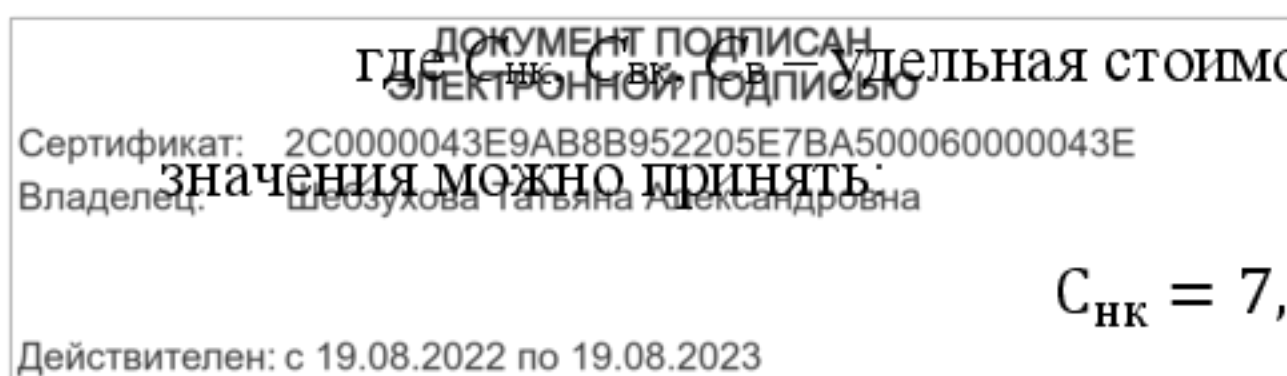
Удельные затраты на компенсацию реактивной мощности конденсаторными установками БНК и БВК:

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

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

где $C_{\text{нк}}$, $C_{\text{вк}}$, $C_{\text{в}}$ – 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;

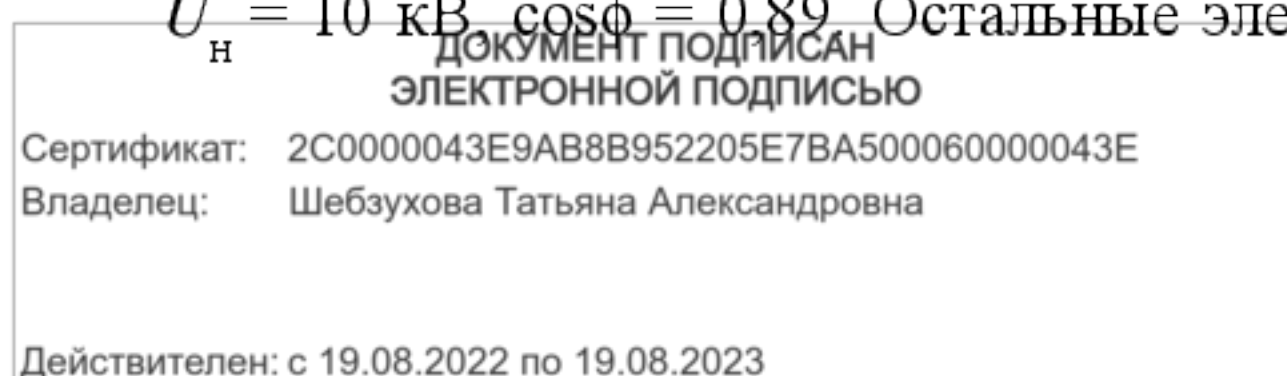
– покрасочный цех: $P_p = 600$ кВт, $Q_p = 500$ кВар.

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: $P_{\text{н}} = 1,25$ мВт, $n = 500$ мин⁻¹, $U_{\text{н}} = 10$ кВ, $\cos\phi = 0,89$. Электроснабжение предприятия с расчетной реактивной нагрузкой $Q_{\text{р}} = 4,5$ МВар осуществляется от подстанции 110/10 кВ. Составить и проанализировать баланс реактивной мощности по предприятию, для которого $Q_{\text{г}} = 1,3$ МВар; $Q_{\text{НК1}} = 1,2$ МВар.

Задание №6

Результаты анализа баланса реактивной мощности по предприятию показали, что $Q'\Delta > 0$. Определить величину дополнительной реактивной мощности $Q_{Дз}$, 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: $P_p = 3,5$ МВт $Q_p = 4,3$ МВар. Анализ баланса реактивной мощности по предприятию показал, что $Q'\Delta = 870$ кВар и $Q''\Delta = 630$ кВар. Определить величины дополнительной реактивной мощности низковольтных батарей конденсаторов и Q_{2HK} и Q_{HK} .

Задание №8

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

Контрольные вопросы:

Сертификат: 2C00000433ACB9E22A876D0D01F43
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

2. Перечислите методы естественного происхождения компьютерных вирусов.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

1 Для чего производится компенсация 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: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Практическая работа № 9. Защитные меры электробезопасности. 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:

$$\rho = \rho_{изм} \cdot \psi,$$

где $\rho_{изм}$ – 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

Сертификат: 2C000042B5A1B6B051205E7D4500060000043E Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ Характер грунта	Глубина заложения, м	Расчетные коэффициенты		
			ψ_1	ψ_2	ψ_3

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Суглинок	0,8-3,8	2	1,5	1,4
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:

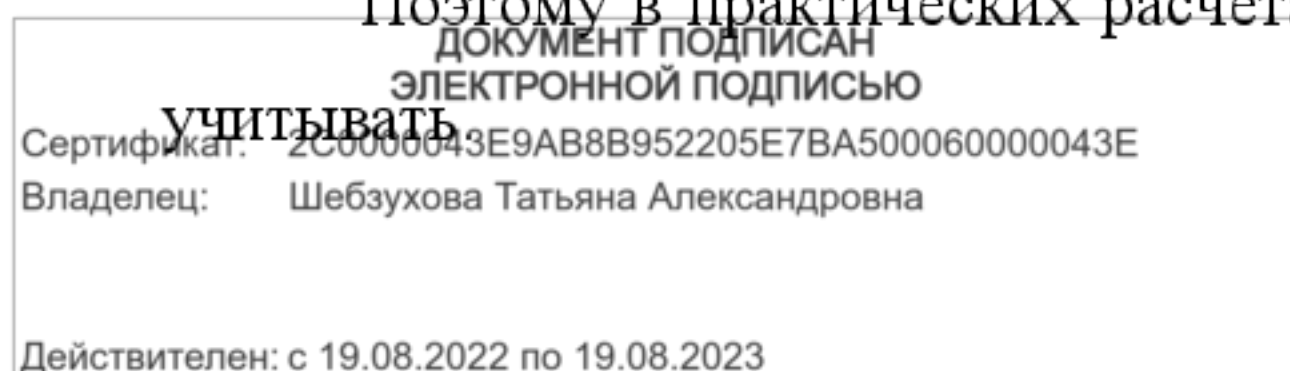
$$n = R_o / (\eta \cdot R_s),$$

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



Задания:

Задание №1

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	20	8	прутковый электрод	чернозем сухой

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000048E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Практическая работа № 10. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения промышленных зданий и предприятий. 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 – 160/6/0,4	НЗ	0,8	0,16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

13	ТМ – 160/6/0,4	Разн.	2,5	0,5
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?

Практическая работа № 11. Электробаланс и определение потерь электрической энергии. Потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения.

Цель: Изучить расчет потерь мощности в системах электроснабжения промышленного предприятия.

Основы теории:

Работа таких элементов системы электроснабжения, как линии электропередачи, силовые трансформаторы, токоограничивающие реакторы, сопровождается потерями мощности и энергии.

зависимости от исходных данных их можно определить для линий электропередач:

– по среднеквадратичному току $I_{\text{ск}}$,

– по максимальному току $I_{\text{м}}$.

Среднеквадратичный ток оценивается выражением

$$I_{\text{ск}} = k_{\phi} I_{\text{ср}}.$$

Среднее значение тока при известном расходе активной электроэнергии за время T_d

$$I_{\text{ср}} = \frac{\mathcal{E}_a}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{св}} \cdot T_d},$$

где T_d – время действительной работы линии;

$\mathcal{E}_a$ – расход активной энергии за время T_d ;

$\cos \varphi_{\text{св}}$ – средневзвешенное значение коэффициента активной мощности.

Коэффициент формы графика $k_{\phi} = 1,05 \dots 1,1$ для электроприемников продолжительного режима работы при $n > 2$ и электроприемников повторно-кратковременного режима работы при $n > 20$. Для электроприемников повторно-кратковременного режима работы при $n < 20$

$$k_{\phi} = \sqrt{1 + \frac{1 - \text{ПВ}}{n_{\text{э}} \cdot \text{ПВ}}}$$

где ПВ – продолжительность включения электроприемников;

$n_{\text{э}}$ – эффективное число электроприемников.

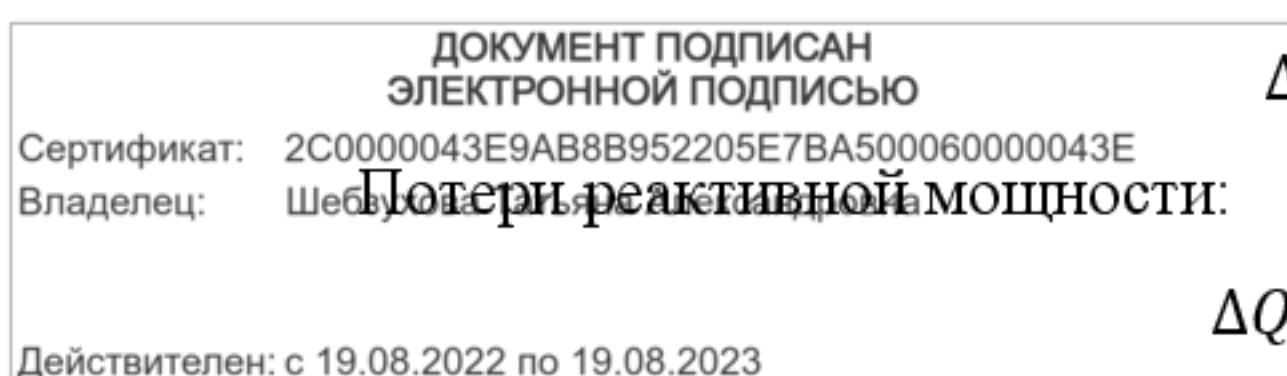
Потери активной мощности и энергии в линии:

$$\Delta P = 3 I_{\text{ск}}^2 R_{\text{л}} 10^{-3};$$

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P \cdot T_d.$$

Потери реактивной мощности:

$$\Delta Q = 3 I_{\text{ск}}^2 x_{\text{л}} 10^{-3};$$



$$\Delta \mathcal{E}_p = \Delta Q \cdot T_d,$$

где $R_{\text{л}}$ и $x_{\text{л}}$ – активное и индуктивное сопротивления линии.

При известном расходе активной энергии за определенное время (сутки, год), а также известной величине максимальной активной нагрузки $P_{\text{м}}$ можно найти время $T_{\text{м}}$, в течение которого линия, работая с неизменной максимальной нагрузкой, передает эту энергию потребителю:

$$T_{\text{м}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{а}}}{P_{\text{м}}}.$$

По известным значениям $\mathcal{E}_{\text{а}}$ и $T_{\text{м}}$ определяется максимальный ток за рассматриваемый период времени:

$$I_{\text{м}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{а}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{св}} T_{\text{м}}}.$$

Потери активной и реактивной мощности в линиях:

$$\Delta P_{\text{л}} = 3 I_{\text{м}}^2 R_{\text{л}} 10^{-3};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = I_{\text{м}}^2 x_{\text{л}} 10^{-3},$$

Для определения потерь энергии в этом случае учитывается время максимальных потерь τ . Его значение находится по графикам зависимости $\tau = f(T_{\text{м}}, \cos \varphi)$. При отсутствии графиков для определения τ можно воспользоваться приближенным выражением:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10^4})^2 \cdot 8760.$$

Потери активной и реактивной энергии в линиях:

$$\mathcal{E}_{\text{а}} = \Delta P \cdot \tau;$$

$$\mathcal{E}_{\text{р}} = \Delta Q \cdot \tau.$$

В трансформаторах потери мощности и энергии определяются по их каталожным данным, если известна фактическая нагрузка S .

Суммарные активные и реактивные потери мощности:

$$\Delta P_{\text{Т}} = \Delta P_{\text{хх}} + (\frac{S}{S_{\text{нТ}}})^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}};$$

$$\Delta Q_{\text{Т}} = \frac{S_{\text{нТ}}}{100} [i_{\text{хх}} + (\frac{S}{S_{\text{нТ}}})^2 \cdot U_{\text{к}}]$$

Потери энергии:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{рТ}} = \frac{S_{\text{нТ}}}{100} [i_{\text{хх}} \cdot T_{\text{в}} + U_{\text{к}} (\frac{S}{S_{\text{нТ}}})^2 \cdot \tau,$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

где $T_{\text{в}}$ – время включения трансформатора.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{аТ}} = \Delta P_{\text{хх}} T_{\text{в}} + \Delta P_{\text{кз}} (\frac{S}{S_{\text{нТ}}})^2 \cdot \tau;$$

В токоограничивающих реакторах потери активной и реактивной мощности:

$$\Delta P_p = 3\Delta P_{\text{нф}} \left(\frac{I}{I_n}\right)^2;$$

$$\Delta Q_p = 3\Delta Q_{\text{нф}} \left(\frac{I}{I_n}\right)^2$$

где $\Delta P_{\text{нф}}$ и $\Delta Q_{\text{нф}}$ – потери активной и реактивной мощности в одной фазной обмотке реактора при номинальном токе [9];

I – фактическая токовая нагрузка фазной обмотки реактора.

Потери активной и реактивной энергии в трехфазном реакторе:

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P_p \cdot T_{\text{в}},$$

$$\Delta \mathcal{E}_p = \Delta Q_p \cdot \tau.$$

Задания:

Задание №1

Цеховая ТП с трансформаторами 2х1600 кВА подключена двумя радиальными линиями ($l = 0,8$ км), выполненными кабелем ААБ-10(3х70). Годовой расход электроэнергии электроприемника-ми цеха $\mathcal{E}_{\text{аг}} = 9000 \cdot 10^3$ кВт·ч при $\cos\varphi = 0,87$. Время действительной работы линии $T_{\text{д}} = 5500$ ч. Определить потери активной и реактивной мощности и энергии в линиях.

Задание №2

Определить годовые потери активной и реактивной электроэнергии в трансформаторе $S_{\text{н}} = 1000$ кВА с коэффициентами загрузки $k_z = 0,85$. Число часов использования максимальной нагрузки $T_{\text{м}} = 3500$ ч, $\cos\varphi = 0,8$.

Задание №3

Двухсекционный РП питается радиальными линиями, $l=1,5$ км, выполненными кабелем ААШвУ-10(3х185). Годовой расход электроэнергии присоединенных потребителей $40000 \cdot 10^3$ кВт·ч. при $\cos\varphi = 0,88$. Время действительной работы линий $T_{\text{д}} = 7500$ ч. Определить потери активной и реактивной мощности в линиях.

Задание №4

Определить годовые потери активной энергии в трехфазном реакторе РБА-10-630-0,56УЗ, максимальная токовая нагрузка которого $I_{\text{макс}} = 520 \text{ А}$, потери в фазной обмотке при номинальном токе кВт. $\Delta P_{\text{нф}} = 4.6 \text{ кВт}$

Контрольные вопросы:

1. Потери электроэнергии в трансформаторах, причины и способы их снижения.
2. Потери электроэнергии в линии и пути их снижения.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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 указания по выполнению практических работ по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

3. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет,

необходимых для освоения дисциплины

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

1. <http://www.biblioclub.ru> - ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «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 экзамену.
 - 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Введение

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

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

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

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

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.

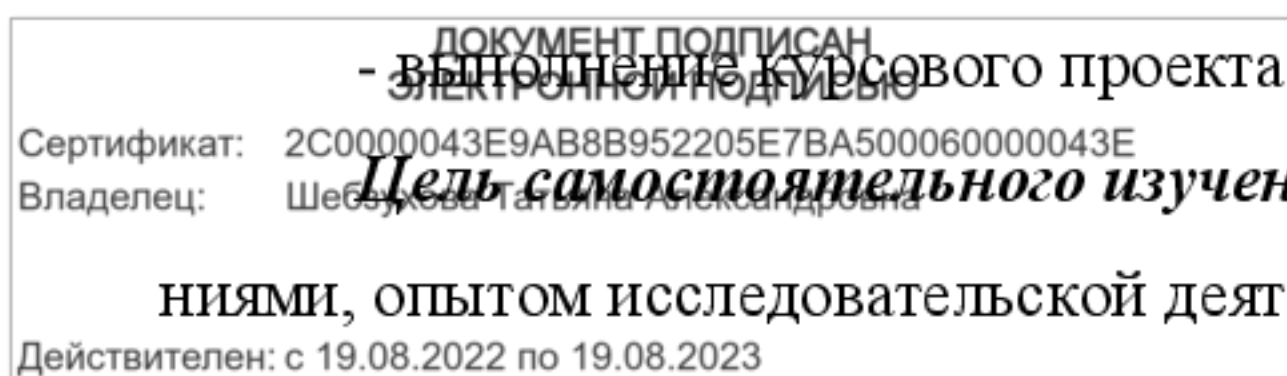
Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации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

- выполнение курсового проекта.

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



Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

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

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

Задачами самостоятельного решения задач являются:

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

Целью самостоятельного выполнения 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: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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
Очная форма обучения					
8 семестр					
ПК-1 ИД-4 _{ПК-1} ПК-2 ИД-2 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Собеседование	40,095	4,455	44,55
	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
Итого за 8 семестр:			54,675	6,075	60,75
Итого:			54,675	6,075	60,75
Заочная форма обучения					
8 семестр					
ПК-1 ИД-4 _{ПК-1} ПК-2 ИД-2 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Собеседование	120,285	13,365	133,65
	Подготовка к лекциям	Собеседование	0,54	0,06	0,6
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	1,08	0,12	1,2
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	1,62	0,18	1,8
Итого за 8 семестр:			123,525	13,725	137,25
Итого:			123,525	13,725	137,25

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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

Рейтинговая система для заочной формы обучения не предусмотрена.

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.

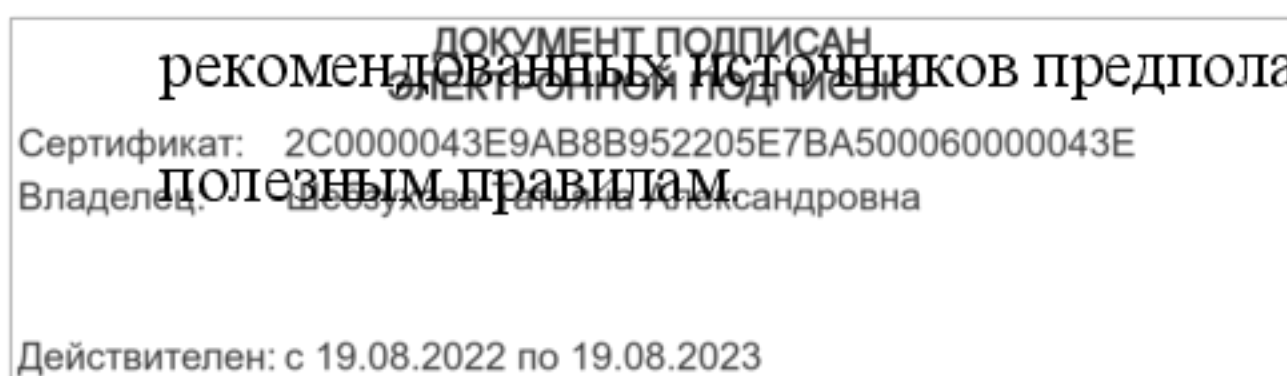
Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания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

рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.



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

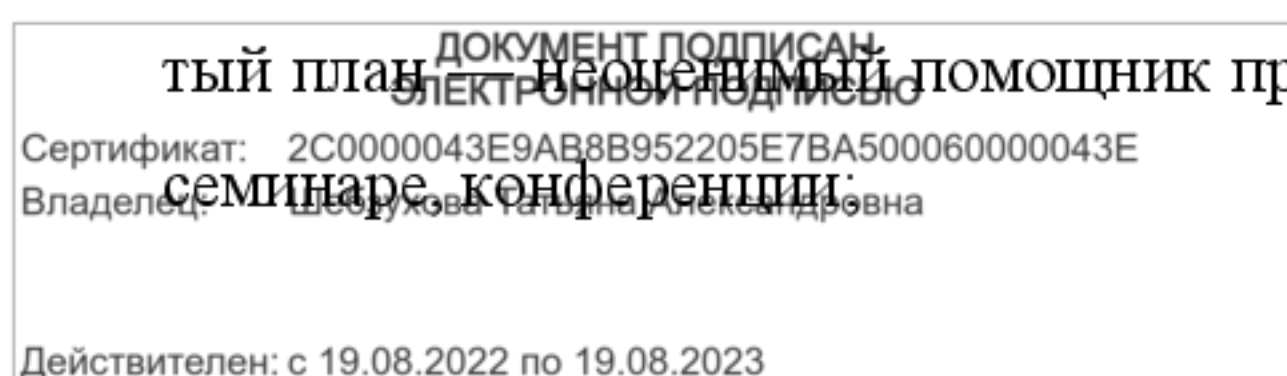
Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником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

Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы для собеседования

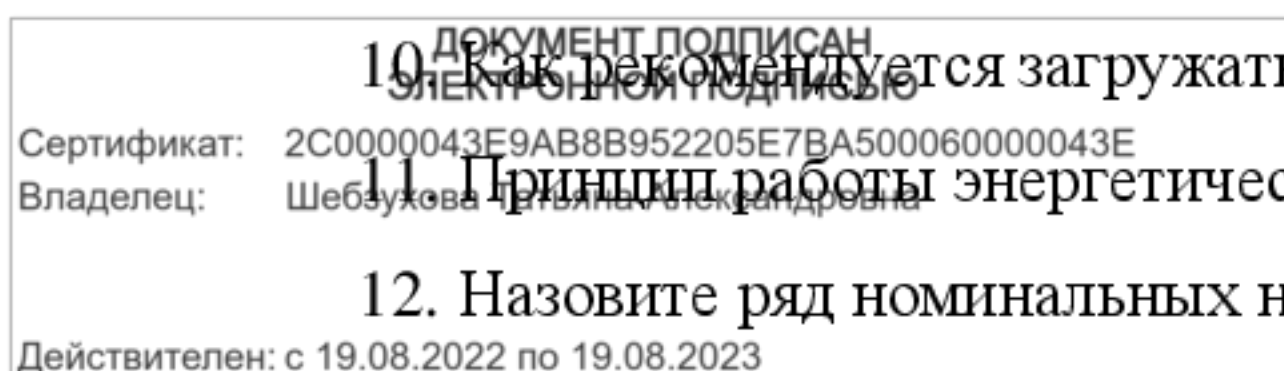
Рейтинговая система успеваемости студентов не предусмотрена для заочной формы обучения.

1. В чем заключается процесс производства электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях?
2. Каковы направления использования солнечной и геотермальной энергии?
3. На чем основана работа МГД-генераторов?
4. Что такое экономическое сечение?
5. Трансформаторы какой мощности применяют на цеховых ТП?
6. Что дает использование возобновляемых источников энергии?
7. Влияние энергетических объектов на окружающую среду.
8. В чем заключается особенность производства электроэнергии?
9. В каких случаях сети не подлежат выбору по экономической плотности тока?

10. Как рекомендуется загружать трансформаторы подстанций и почему?

11. Принцип работы энергетической системы?

12. Назовите ряд номинальных напряжений выше 1 кВ



13. Разберите условную (иерархическую) схему городской электрической сети. Назовите назначения ТП, ГПП, РП, ВРУ.

14. Назовите виды коротких замыканий

15. Что такое «ударный» ток?

16. По каким признакам классифицируются электроприемники?

17. Что понимают под номинальной мощностью электродвигателя, силового трансформатора?

18. Определите номинальную мощность кранового электродвигателя, имеющего мощность $P_{\text{пасп}} = 2,7$ кВт при $P_{\text{Впасп}} = 25\%$

19. Область применения магистральных радиальных схем

20. Как составляется схема замещения?

21. На какое время допустим перерыв электроснабжения для электроприемников III категории?

22. Возможно ли питание электроприемников II категории от одного трансформатора?

23. Относятся ли к числу независимых источников питания две секции шин подстанции, если каждая из них имеет питание от независимого источника и секции шин не связаны между собой?

24. Дайте определение подстанции

25. По каким формулам производится расчет сопротивлений короткозамкнутой цепи?

26. Какие электроприемники относятся к особой группе?

27. Дайте сравнительную характеристику радиальной и магистральной схем

28. Что такое питающая, распределительная, групповая сети?

29. Назначение и область применения выключателей нагрузки.

30. Какой ток представляет термическое действие тока к.з.?

31. Каковы особенности электропроводок, выполненных открыто, скрыто?

32. Область применения пластмассовых труб в электропроводках?

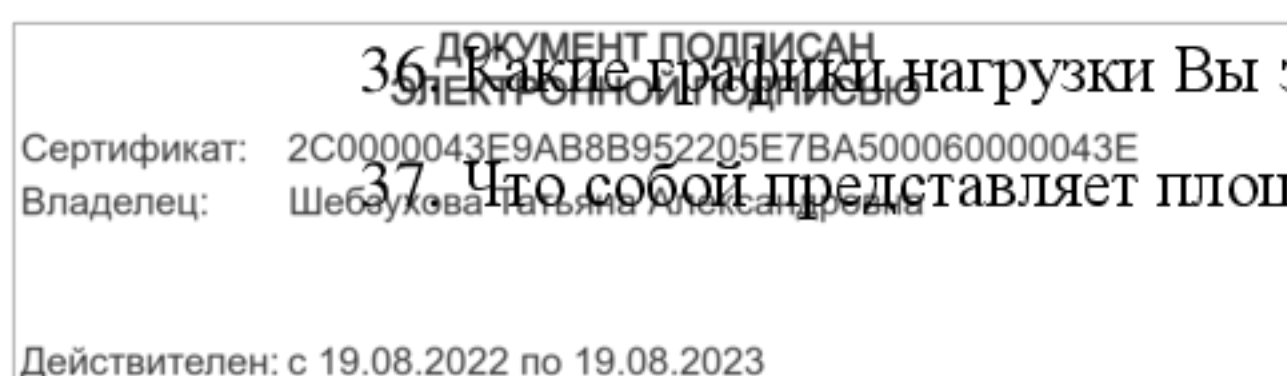
33. В каких помещениях обязательно применение проводников с медными жилами?

34. Какой ток представляет электродинамическое действие тока к.з.?

35. Какие элементы системы электроснабжения требуют проверки на термическую устойчивость к токам к.з.?

36. Какие графики нагрузки Вы знаете?

37. Что собой представляет площадь, ограниченная суточным графиком нагрузки?



38. Что собой представляет оплата за потребленную электроэнергию по двух-ставочному тарифу? Какие электроприемники производят оплату по такому тарифу?

39. Какие элементы системы электроснабжения требуют проверки на электродинамическую устойчивость к токам к.з.?

40. По какой формуле осуществляется проверка высоковольтного кабеля на термическую устойчивость к токам к.з.?

41. Как определить среднегодовую мощность, зная количество потребленной электроэнергии за год и годовое количество часов работы предприятия?

42. Перечислите основные показатели, характеризующие работу электроприемника.

43. Назовите основные физические величины, характеризующие графики нагрузки.

44. Каким требованиям должны удовлетворять высоковольтные выключатели?

45. В каких электроустановках применяется защитное заземление, а в каких защитное зануление?

46. Перечислите методы расчета электрических нагрузок.

47. Дайте определение эффективного числа электроприемников

48. По каким формулам определяются средние нагрузки за максимально загруженную смену?

49. Охарактеризуйте основные типы трансформаторных подстанций предприятий.

50. Как осуществляется расчет заземляющего устройства?

51. Как учитываются в расчете нагрузок однофазные электроприемники, распределенные по фазам с неравномерностью не выше 15%?

52. Каким методом рассчитываются электрические нагрузки осветительных установок?

53. Как определяется полная нагрузка силового трансформатора?

54. Каково назначение изоляторов? Какие типы изоляторов применяются в схемах подстанций?

55. Чему равно сопротивление заземляющего контура при напряжении 660/380В; 380/220В, 220/127В?

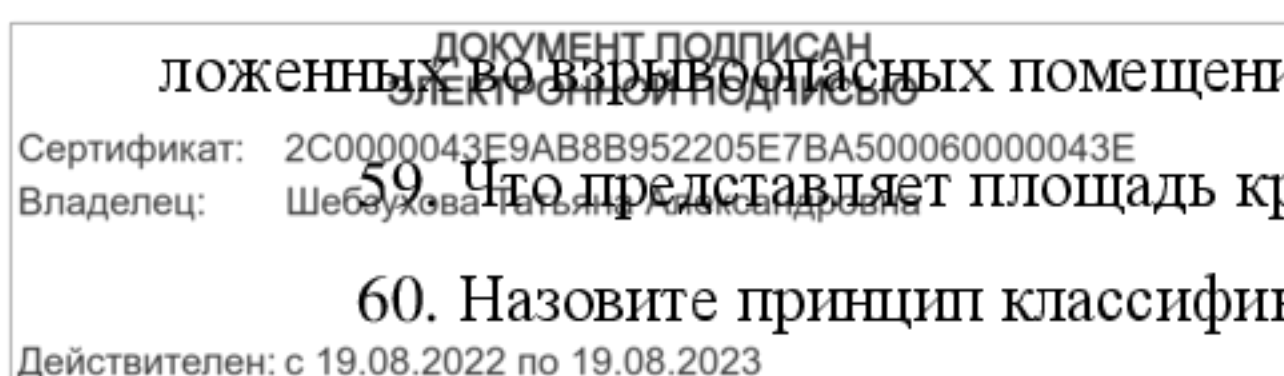
56. По каким формулам определяются потери мощности в линиях и трансформаторах?

57. Дайте определение времени максимальных потерь τ .

58. Как определяется величина длительно допустимого тока для проводников, расположенных во взрывоопасных помещениях?

59. Что представляет площадь круга картограммы?

60. Назовите принцип классификации реле, применяемых в релейной защите



61. Что такое длительно допустимый ток и как он определяется?
62. Чем опасен перегрев проводников?
63. Определите величину длительно допустимого тока для четырех проводов марки АПВ, проложенных в пластмассовой трубе и имеющих сечение 16 мм^2 .
64. Как рассчитать радиус окружности?
65. Область применения максимальной токовой защиты?
66. Что такое отклонение напряжения?
67. В чем разница между падением и потерей напряжения в линии?
68. В чем заключается проверка электрической сети на потерю напряжения?
69. Как определяется сектор осветительной нагрузки?
70. Поясните принцип действия продольной и поперечной дифференциальной защиты.
71. Постройте векторную диаграмму для определения потери напряжения.
72. Какие электроприемники являются основными потребителями реактивной мощности?
73. С помощью векторной диаграммы поясните целесообразность компенсации реактивной мощности.
74. По каким формулам рассчитываются электрические нагрузки U выше 1 кВ ?
75. Когда применяется максимально-направленная защита, принцип действия?
76. По какой формуле можно рассчитать мощность компенсирующего устройства?
77. Что такое естественная компенсация реактивной мощности?
78. Что относится к специальным компенсирующим устройствам?
79. Перечислите наиболее вероятные виды повреждения в силовых трансформаторах.
80. Как осуществляется защита от замыканий на землю?
81. Какими электрическими аппаратами осуществляется защита электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ ?
82. От чего осуществляется защита электрических сетей и электроприемников?
83. Что такое электромагнитный расцепитель, тепловой расцепитель?
84. В каких случаях целесообразно применение отдельно стоящих цеховых ТП?
85. Как осуществляется защита воздушных и кабельных линий?
86. Условия выбора плавкого предохранителя

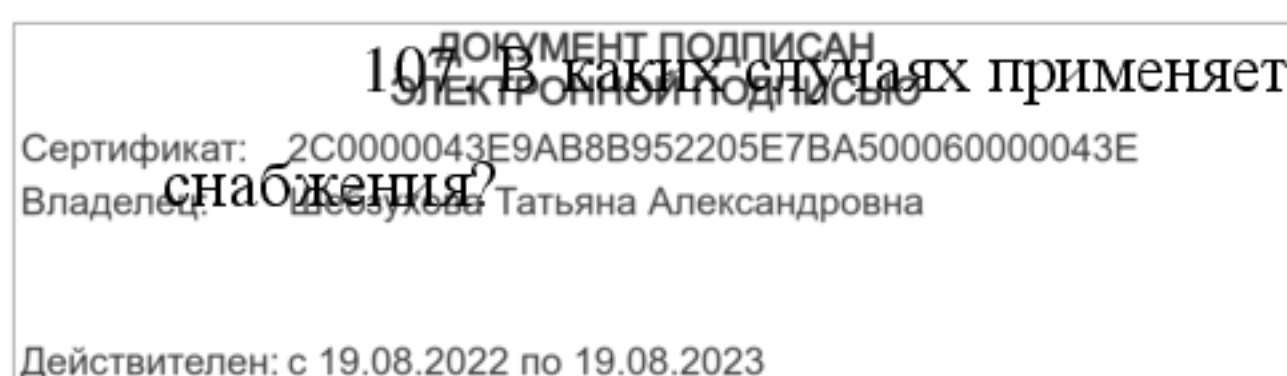
87. Условия выбора автоматического выключателя

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебукова Татьяна Александровна

снабжения?

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

89. Какая подстанция называется внутрицеховой? Пристроенной? встроенной?
90. Какие факторы влияют на старение изоляции?
91. По каким параметрам характеризуется режим работы проектируемого предприятия?
92. На какие категории делятся электроприемники по надежности электроснабжения?
93. Какие параметры определяются по суточным и годовым графикам по продолжительности?
94. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
95. В каких случаях необходимо использовать систему общего освещения?
96. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?
97. Как зависит нормируемая освещенность дорог и проездов от интенсивности движения автомобилей?
98. Охарактеризовать способы установки прожекторов для освещения открытых площадок.
99. Какие данные являются исходными при расчете уличного освещения точечным методом?
100. С расчета какого параметра начинается выбор числа и мощности трансформаторов цеховых ТП при количестве трансформаторов одного типоразмера до трех и больше трех?
101. Каким образом определяется место установки цеховой ТП, питающей несколько цехов?
102. Сколько трансформаторов и в каких случаях устанавливаются на цеховых ТП?
103. По каким критериям определяется рекомендованный коэффициент загрузки силовых трансформаторов цеховых ТП?
104. Каким образом определяются номинальные мощности силовых трансформаторов?
105. В каких случаях применяется радиальная схема внутризаводского электроснабжения?
106. В каких случаях применяются двухступенчатые радиальные схемы с промежуточными РП?



108. В чем заключаются достоинства применения силовых трансформаторов с масляным охлаждением?

109. Назовите достоинства применения сухих трансформаторов.

110. В чем состоит актуальность компенсации реактивной мощности непосредственно у потребителя?

111. Каким образом выбирается фактическая мощность конденсаторных установок для установки на цеховых ТП?

112. Что такое картограмма электрических нагрузок?

113. Для чего рассчитывается ЦЭН?

114. Как реализуется выбор местоположения ГПП?

115. В каких случаях допустимо применять однотрансформаторные ГПП?

116. В каких случаях допустимо применять ГПП с количеством трансформаторов больше двух?

117. В чем недостаток применения СД в качестве источника реактивной мощности?

118. Из каких, составляющих складывается суммарная активная нагрузка предприятия?

119. Как определяется полная расчётная мощность завода?

120. Что такое главная схема подстанции?

121. Укажите требования, предъявляемые к схемам распределительных устройств.

122. Охарактеризуйте три основные категории подстанций.

123. Каким образом в схемах с отделителями и короткозамыкателями производится отключение трансформатора при коротком замыкании в нем?

124. В чем состоит назначение короткозамыкателей в схемах с отделителями и короткозамыкателями?

125. Объясните назначение обходной системы шин.

126. В чем заключается назначение обходного выключателя?

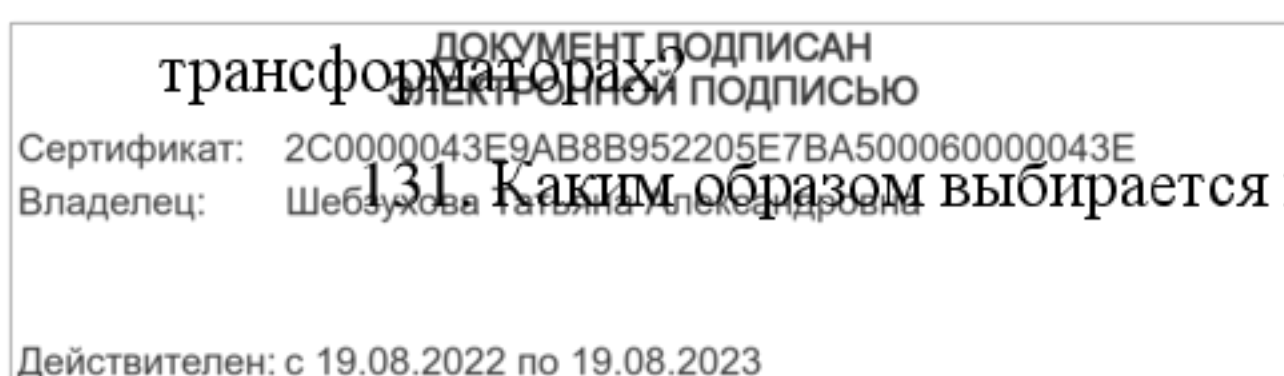
127. Каким образом производится ограничение тока короткого замыкания на НН подстанций?

128. По каким параметрам реализуется выбор и проверка сечения проводников, питающих ЛЭП?

129. Какие составляющие учитываются при определении приведенных затрат?

130. Каким образом определяются издержки на потери электроэнергии в силовых трансформаторах?

131. Каким образом выбирается место установки РП?



132. Каким образом рассчитывается полная мощность, проходящая по участку КЛ напряжением 10 кВ, питающего РП, ТП и высоковольтных потребителей?

133. По какому критерию выполняется проверка выбранного сечения КЛ напряжением 10 кВ?

134. Каким требованиям должны удовлетворять проводники осветительной сети?

135. Каким образом определяется момент нагрузки в общем случае при разном расстоянии между светильниками и неодинаковой мощности лампы в них для трехпроводной осветительной сети?

136. Как подразделяются внутренние перенапряжения и причины их возникновения?

137. Перечислите виды разрядников и поясните принцип их действия.

138. Область применения стержневых и тросовых молниеотводов.

139. Как выполняется молниезащита III категории?

140. Как определяется радиус зоны защиты молниеотвода? От каких величин он зависит?

141. Выбор сечения проводников по допустимому нагреву электрическим током

142. Компенсация реактивной мощности

143. Расчет мощности компенсирующих устройств реактивной мощности

144. Размещение компенсирующих устройств в системах электроснабжения

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.

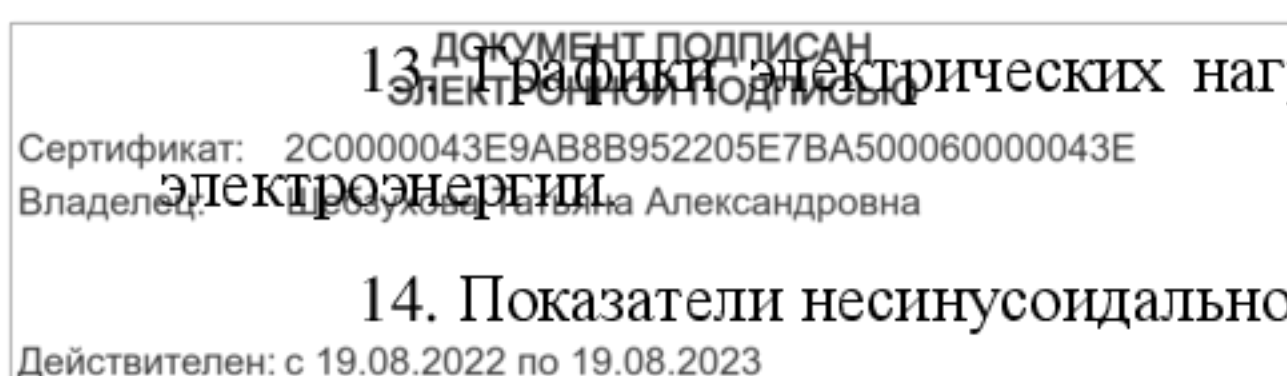
При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

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.

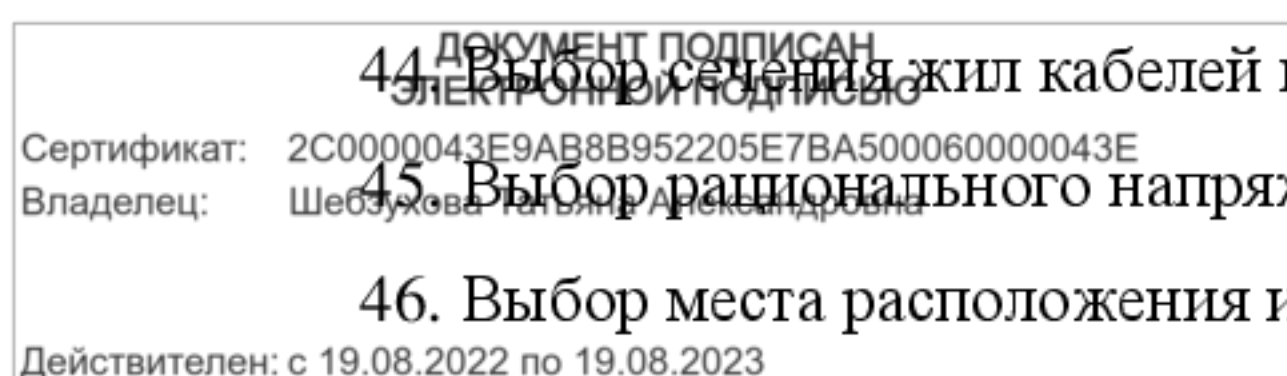
Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

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. Графики электрических нагрузок и показатели, характеризующие приемники электроэнергии.
14. Показатели несинусоидальности напряжений.



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: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

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 указания по выполнению практических работ по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

3. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

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

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

1. <http://www.biblioclub.ru> - ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks