

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 18.04.2024 16:03:20

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f5848641ca12ae958

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## **Методические указания**

по выполнению практических работ

по дисциплине «СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»

для студентов направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

## Содержание

№		Стр.
п/п		
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование практических работ	
4.	Содержание практических работ	
4.1	Практическая работа №1 Условные графические обозначения на электрических схемах.	
4.2	Практическая работа №2 Нормативные документы и стандарты по оформлению электроэнергетических схем.	
4.3.	Практическая работа №3 Изучение видов электрических схем.	
4.4	Практическая работа №4 Изучение основного электрооборудования подстанции.	
4.5	Практическая работа №5 Изучение схем комплектных трансформаторных подстанции.	
4.6	Практическая работа №6 Изучение схем комплектных распределительных устройств.	
4.7	Практическая работа №7 Изучение электротехнических изделий и электрооборудования.	
4.8	Практическая работа №8 Схемы электроснабжения промышленных предприятий.	
4.9	Практическая работа №9 Схемы электроснабжения городской электрической сети.	
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	
	Приложение	

## Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

## **1. Цель и задачи изучения дисциплины**

Цель изучения дисциплины состоит в получении знаний о проектно- исследовательской деятельности в области электроэнергетики

Задачами дисциплины являются:

- изучение принципов работы основного электроэнергетического оборудования – изучение основ проектирования и исследования в области электроэнергетики; – освоение правил разработки схемных решений и чтения электрических схем и чертежей;
- изучение нормативных документов и стандартов для разработки электрических схем

## **2. Оборудование и материалы**

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

## **3. Наименование практических работ**

Для студентов заочной формы обучения предусмотрены следующие практические работы: Практическая работа №1. Условные графические обозначения на электрических схемах. Практическая работа №4. Изучение основного электрооборудования подстанции.

№	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
3 семестр			
1	<b>Практическая работа №1.</b> Условные графические обозначения на электрических схемах.	2	
2	<b>Практическая работа №2.</b> Нормативные документы и стандарты по оформлению электроэнергетических схем.	2	
3	<b>Практическая работа №3.</b> Изучение видов электрических схем.	2	
4	<b>Практическая работа №4.</b> Изучение основного электрооборудования подстанции.	2	
5	<b>Практическая работа №5.</b> Изучение схем комплектных трансформаторных подстанции.	2	
6	<b>Практическая работа №6.</b> Изучение схем комплектных распределительных устройств.	2	
7	<b>Практическая работа №7.</b> Изучение электро-технических изделий и электрооборудования.	2	

8	<b>Практическая работа №8.</b> Схемы электро-снабжения промышленных предприятий.	2	
9	<b>Практическая работа №9.</b> Схемы электро-снабжения городской электрической сети.	2	
	<b>Итого за 3семестр:</b>	<b>18</b>	
	<b>Итого:</b>	<b>18</b>	

#### **4. Содержание практических работ**

##### **Практическая работа №1. Условные графические обозначения на электрических схемах.**

**Цель:** Заключается в ознакомлении с основными условными графическими обозначениями на электрических схемах.

##### **Основы теории:**

Электромагнитное устройство с происходящими в нем и в окружающем его пространстве физическими процессами на практике заменяют некоторым расчетным эквивалентом – электрической цепью.

Электрическая цепь – это соединенные друг с другом источник электрической энергии и нагрузка, по которым протекает электрический ток. Графическое изображение электрической цепи с помощью условных знаков называют электрической схемой.

Для составления и чтения электрических схем проектируемых и эксплуатируемых электроустановок необходимы знания единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и сведения об условных графических обозначениях электрических приборов и устройств.

Правила выполнения и условные обозначения (УГО) на нормальных электрических схемах:

1) На схеме должны быть изображены УГО элементов схемы и линии электрических связей между ним:

- генераторы, синхронные компенсаторы;
- автотрансформаторы, трансформаторы (в том числе резервные фазы, трансформаторы собственных нужд), линейные регулировочные трансформаторы, трансформаторы напряжения измерительные, выносные трансформаторы тока, катушки индуктивности и т.д.;
- реакторы шунтирующие, реакторы токоограничивающие, реакторы дугогасящие, батареи конденсаторов, ограничители перенапряжений, разрядники;
- системы (сборных) шин (рабочие, обходные), секции (систем сборных) шин, за исключением шин 0,4 кВ и ниже, необходимость изображения которых определяется эксплуатирующей организацией;
- коммутационные устройства: выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, заземляющие разъединители, предохранители;

- участки ЛЭП в пределах объекта электроэнергетики;
- оборудование ЛЭП, присоединенное (в том числе без коммутационных аппаратов) к линии электропередачи в пределах объекта электроэнергетики (высокочастотные заградители, конденсаторы связи и т.п.);

- оборудование схем плавки гололеда;

- инвертор-выпрямитель передачи (вставки) постоянного тока.

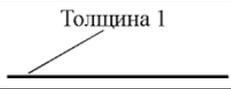
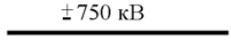
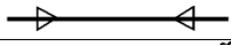
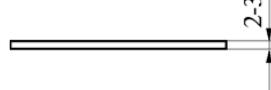
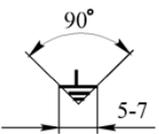
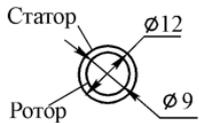
2) Взаимное расположение распределительных устройств высшего и среднего классов напряжения на схеме, как правило, должно соответствовать их действительному размещению на объекте электроэнергетики (согласно виду сверху).

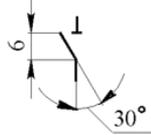
Графическое изображение распределительного устройства высшего класса напряжения следует располагать в верхней и, как правило, левой части схемы.

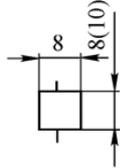
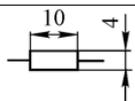
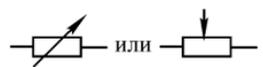
Чередование ячеек распределительного устройства на схеме должно соответствовать их действительному размещению на объекте электроэнергетики.

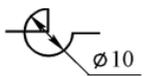
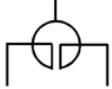
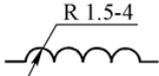
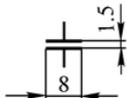
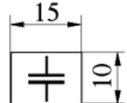
3) УГО элементов схемы и линии электрической связи между ними должны выполняться цветом, соответствующим классу напряжения, на котором работает соответствующее оборудование объекта электроэнергетики (см. таблицы 1, 2).

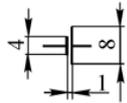
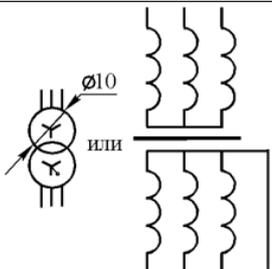
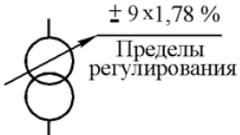
Стандартные буквенные и графические обозначения отдельных элементов схем электрических соединений и их размеры в принципиальных схемах, а также изображения этих элементов в масштабе.

Наименование	Буквенные обозначения	Графические обозначения и размеры
1	2	3
Линия электрической связи или провод, общее обозначение	W	Толщина l 
Линия электропередачи постоянного тока	W	$\pm 750$ кВ 
Кабельная линия электропередачи	W	
Шина, общее обозначение		
Отводы (отпайки от шин)		
Заземление		
Машина электрическая:		
а) общее обозначение (внутри окружности можно указать род машины, род тока, число фаз или вид соединения обмоток)	G	Статор $\phi 12$ Ротор $\phi 9$ 

1	2	3
б) трехфазный генератор переменного тока	GA	
в) двигатель с соединением обмоток в "звезду"	M	
<b>Разъединитель</b>		
а) общее обозначение	QS	
б) заземляющий	QSG	
Выключатель-разъединитель (выключатель нагрузки)	QW	
Короткозамыкатель	QN	
<b>Отделитель</b>		
а) одностороннего действия	QR	

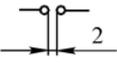
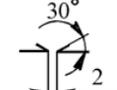
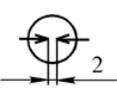
1	2	3
б) двустороннего действия	QR	
<b>Выключатель мощности ВН</b>		
а) отключен	QF	
б) включен	QF	
<b>Резистор:</b>		
а) постоянный	RG	
б) переменный	R	

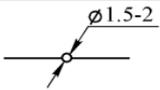
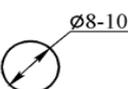
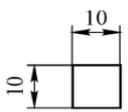
1	2	3
Реактор		
а) общее обозначение	LR	
б) сдвоенный реактор	LR	
Катушка индуктивности (реактивное сопротивление), дроссель без сердечника	L	
Дроссель с ферромагнитным сердечником	L	
Конденсатор:		
а) постоянной емкости, общее обозначение	C	
б) переменной емкости	C	
в) батарея конденсаторов	CB	

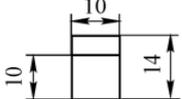
1	2	3
г) зарядный конденсаторный блок	CG	
Аккумуляторная батарея	G	
Трансформатор трехфазный а) двухобмоточный (соединение обмоток в звезду с заземленным нейтралем)	T	
б) двухобмоточный (однолинейное исполнение), с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН)	T	

1	2	3
в) двухобмоточный с расщеплением обмотки НН на две (или трехобмоточный), с РПН	Г	
Автотрансформатор трехфазный		
а) двухобмоточный - соединение обмоток в "звезду"	Г	
б) трехобмоточный со встроенным регулированием напряжения под нагрузкой	Г	
Трансформатор напряжения измерительный	TV	

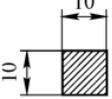
1	2	3
Трансформатор тока:		
а) с одной вторичной обмоткой	ТА	
б) с двумя вторичными обмотками и с двумя сердечниками	ТА	
в) с одним сердечником и двумя вторичными обмотками	ТА	
Предохранитель:		
а) плавкий	FV	

1	2	3
б) пробивной	F	
<b>Разрядник:</b>		
а) трубчатый	FV	
б) вентильный	FV	
в) шаровой	FV	
г) роговой	FV	
д) вакуумный	FV	
Промежуток искровой защитный	FV	

1	2	3
Ограничитель перенапряжений	FV	
<b>Контактное соединение</b>		
а) разборное		
б) неразборное		
в) разъемное		
<b>Прибор измерительный</b>		
а) показывающий	РА	
б) регистрирующий	A	

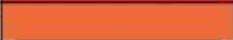
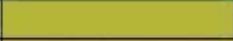
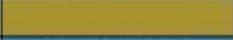
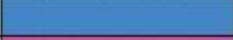
1	2	3
в) интегрирующий	Wh	
Внутри общего обозначения могут быть вписаны поясняющие буквы: а) амперметр б) вольтметр в) ваттметр г) варметр д) счетчик активной энергии е) счетчик реактивной энергии ж) частотомер	A, PA V, PV W, PW Var, PVA Wh, PI Varh, Pk PF	

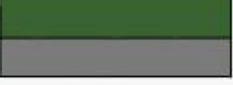
### Графическое обозначение объектов на схемах и планах

Наименование объекта	Обозначение объекта		
	Существующего	Проектируемого	Намечаемого
1	2	3	4
<b>Электростанция</b>			
а) общее обозначение			
б) тепловая			
в) тепловая с выдачей тепловой энергии потребителю			
г) гидравлическая			
д) атомная			
<b>Подстанция</b>			
а) общее обозначение			
б) тяговая			
в) выпрямительная			

1	2	3	4
Обозначение электростанций с указанием их конструктивного исполнения			
а) установка открытая			
б) установка закрытая			
в) установка передвижная			
Обозначение подстанций с указанием их конструктивного исполнения			
а) установка открытая			
б) установка закрытая			

Таблица 1 Цветовое исполнение классов напряжения

Класс напряжения	Наименование цвета	Спектральные составляющие цвета (цветовая модель RGB)	Пример цвета
1150 кВ	Сиреневый	205:138:255	
800 кВ	Темно-синий	0:0:168	
750 кВ			
500 кВ	Красный	213:0:0	
400 кВ	Оранжевый	255:100:30	
330 кВ	Зеленый	0:170:0	
220 кВ	Желто-зеленый	181:181:0	
150 кВ	Хаки	170:150:0	
110 кВ	Голубой	0:153:255	
60 кВ	Лиловый	255:51:204	
35 кВ	Коричневый	102:51:0	
20 кВ	Ярко-фиолетовый	160:32:240	
15 кВ			
10 кВ	Фиолетовый	102:0:204	
6 кВ	Темно-зеленый	0:102:0	
3 кВ			
ниже 3 кВ	Серый	127:127:127	

Класс напряжения	Наименование цвета	Спектральные составляющие цвета (цветовая модель RGB)	Пример цвета
27 кВ	Коричневый	102:51:0	
24 кВ			
21 кВ	Оранжевый	255:100:30	
20 кВ			
18 кВ			
15,75 кВ	Лиловый	255:51:204	
13,8 кВ			
10,5 кВ	Фиолетовый	102:0:204	
6,3 кВ	Темно-зеленый	0:102:0	
3,15 кВ			
ниже 3,15 кВ	Серый	127:127:127	

Требования к выполнению отдельных УГО элементов нормальной электрической схемы

1. УГО ЛЭП должны отображаться утолщенными линиями электрической связи (двукратное или большее увеличение толщины по отношению к линиям, которыми выполняются УГО элементов схемы).

2. Не допускается поворачивать и отображать зеркально на нормальной схеме УГО генераторов, автотрансформаторов, трансформаторов (кроме трансформаторов собственных нужд).

3. Возможность регулирования на оборудовании необходимо отображать стрелкой черного цвета в соответствии с ГОСТ 2.721 (см. рисунок 1). Отвод связи обмотки среднего напряжения автотрансформаторов допустимо изображать как со стороны касания дуги, так и с противоположной стороны (см. рисунок2).

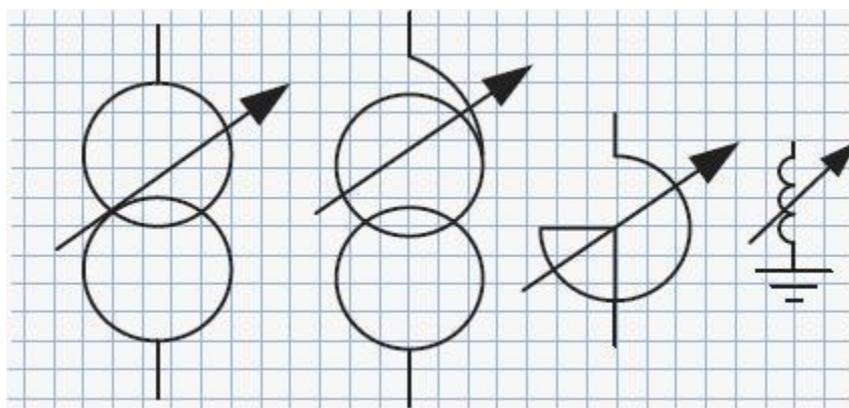


Рисунок 1

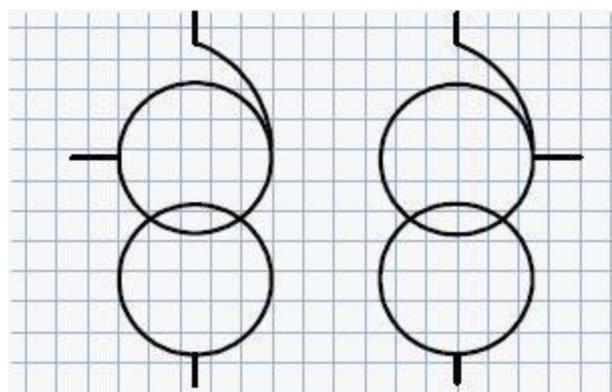


Рисунок 2

Каждая обмотка автотрансформатора и трансформатора должна выполняться цветом, соответствующим классу напряжения, на который она выполнена (см. рисунок 3). Способы соединения обмоток должны отображаться символами черного цвета внутри обмоток в соответствии с ГОСТ 2.721 (см. рисунок4)

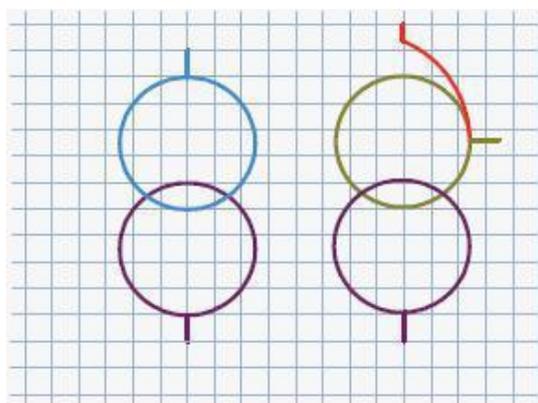


Рисунок 3

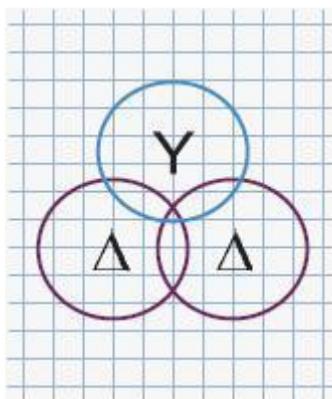


Рисунок 4

5. УГО систем, секций (сборных) шин должны заливаться цветом, соответствующим классу напряжения, на который они выполнены.

Точки электрического соединения для обозначения отводов (отпаяк) от шины необходимо выполнять заливкой белого цвета (см. рисунок 5).

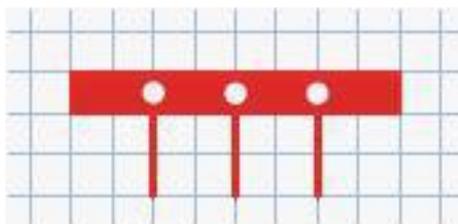


Рисунок 5

6. Действительные положения коммутационных устройств должны обозначаться цветом, соответствующим классу напряжения, на котором работает коммутационное устройство. Для наглядности действительные положения коммутационных устройств допускается обозначать черным цветом и (или) утолщенными линиями (двукратное или трехкратное увеличение толщины по отношению к линиям, которыми выполняются УГО элементов схемы) (см. рисунок 6).

Выключатель включен    Разъединитель в выключен    Разъединитель включен

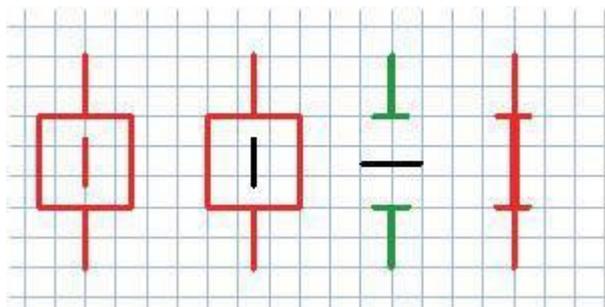


Рисунок 6

Требования к выполнению надписей на нормальных электрических схемах

1. На схемах должны быть указаны диспетчерские наименования всего оборудования, УГО которого изображены на схеме, а также всех ЛЭП, отходящих от объекта электроэнергетики.

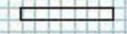
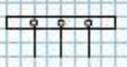
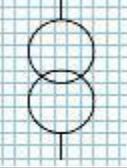
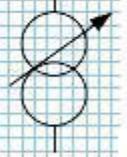
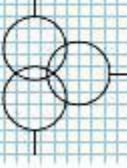
2. На схеме должны указываться следующие технические характеристики оборудования:

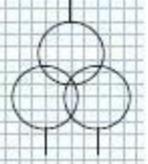
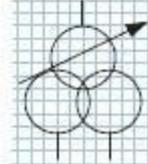
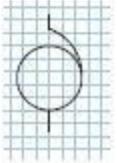
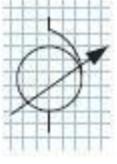
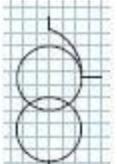
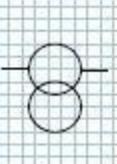
для генераторов активная мощность, в МВт;

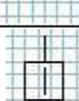
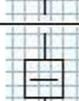
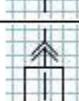
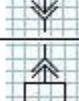
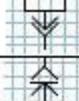
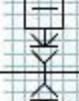
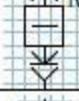
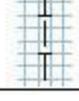
для трансформаторов и автотрансформаторов полная мощность, в МВА или кВА

для трансформаторов и автотрансформаторов мощностью менее 1 МВА;

для синхронных компенсаторов, батарей конденсаторов, реакторов реактивная мощность, в Мвар; у присоединений резервных ячеек номер этих ячеек.

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
1 Шина		
2 Ответвление шины		
3 Отводы (отпайки) от шин		
4 Концевая муфта кабельной линии электропередачи		
5 Заземление		
6 Трансформатор двухобмоточный		
7 Трансформатор двухобмоточный со ступенчатым регулированием		
8 Трансформатор трехобмоточный		
9 Трансформатор трехобмоточный со ступенчатым регулированием		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
10 Трансформатор двухобмоточный с расщепленной вторичной обмоткой		
11 Трансформатор двухобмоточный с расщепленной вторичной обмоткой и со ступенчатым регулированием		
12 Автотрансформатор		
13 Автотрансформатор со ступенчатым регулированием		
14 Автотрансформатор с третичной обмоткой		
15 Вольтодобавочный трансформатор		
16 Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой		
17 Трансформатор напряжения измерительный		
18 Трансформатор напряжения измерительный с двумя вторичными обмотками		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
19 Реактор (шунтирующий, токоограничивающий)		
20 Сдвоенный реактор (токоограничивающий)		
21 Генератор		
22 Двигатель		
23 Компенсатор синхронный		
24 Батарея статических конденсаторов		
25 Выключатель (включен)		
26 Выключатель (отключен)		
27 Выкатная тележка выключателя в рабочем положении (выключатель включен)		
28 Выкатная тележка выключателя в рабочем положении (выключатель отключен)		
29 Выкатная тележка выключателя в ремонтном положении (выключатель отключен)		
30 Выкатная тележка выключателя в контрольном положении (выключатель отключен)		
31 Разъединитель (включен)		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
32 Разъединитель (отключен)		
33 Заземляющий разъединитель (включен)		
34 Заземляющий разъединитель (отключен)		
35 Короткозамыкатель (отключен)		
36 Отделитель (включен)		
37 Отделитель (отключен)		
38 Автоматический выключатель (включен)		
39 Автоматический выключатель (отключен)		
40 Резистор		
41 Ограничитель перенапряжения		
42 Разрядник		
43 Искровой промежуток		
44 Конденсатор		
45 Высокочастотный заградитель линии электропередачи		

**Задания:**

**Задание №1**

Перечертить наиболее распространенные условные обозначения элементов электрических схем: выключателей, коммутационных аппаратов, обмоток трансформаторов.

Найти в сети Интернет указанные в работе ГОСТы на УГО элементов электротехнического оборудования

## ***Практическая работа №2. Нормативные документы и стандарты по оформлению электроэнергетических схем.***

**Цель:** Изучение основной нормативно-технической документации, действующей в системе электроэнергетики.

### ***Основы теории:***

Все электроэнергетические установки должны быть:

- надежны, долговечны;
- безопасны;
- удобны в эксплуатации;
- экономичны.

Эти условия выполняются благодаря тому, что при проектировании, монтаже и наладке, а также при дальнейшей эксплуатации электрооборудования соблюдаются требования нормативных и рекомендации руководящих документов.

Главными нормативными документами являются:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ):

а) Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-

7. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во ДЕАН, 2005.– 854 с.

2. Строительные нормы и правила (СНиП), а также свод правил (СП):

а) СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение;

б) СП31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.

3. Национальные (государственные) стандарты ГОСТ Р –

Система сертификации Регистра систем качества Госстандарта России (система добровольной сертификации), представляет собой добровольную систему сертификации, зарегистрированную и построенную в соответствии с действующим законодательством России. Владельцем данной системы является Некоммерческое учреждение «Технический центр регистра систем качества», действующие в условиях переходного периода между ГОСТ и соответствующих технических регламентов:

а) ГОСТ Р 56303-2014 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Нормальные схемы электрических соединений объектов энергетики. Общие требования к графическому исполнению.

4. Государственные стандарты (ГОСТы):

а) ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 2014.

б) ГОСТ 2.702-75. ЕСКД. Правила выполнения схем;

в) ГОСТ 2.709-89. ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах;

г) ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

д) ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ж) ГОСТ 21.210-2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах;

и) ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;

к) ГОСТ 721-77. Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В.

5. Отраслевые стандарты (ОСТы), следование которым обязательно в соответствующих отраслях и соответствующие стандарты организаций:

а) ОСТ 153-00.0-001-98 Требования к обозначению нормативных документов и технических условий, порядок их регистрации в топливно-энергетическом комплексе и т.д.

б) ОСТ 153-00.0-002-98 Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса и т.д.

в) СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций

35-750 кВ. Типовые решения. Стандарт ОАО «ФСК ЕЭС» № 441 от 20.12.2007.

г) СТО 56947007- 29.240.10.035-2009 Правила оформления нормальных схем электрических соединений подстанций и графического отображения информации посредством программно-технических комплексов. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» от 28.09.2009 № 398р с изменениями от 16.06.2010, приказ № 423.

6. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

7. Правила противопожарные, охраны окружающей среды и т.п.

Кроме этого, существуют Руководящие указания и материалы:

а) по расчету токов короткого замыкания (КЗ), выбору, проверке аппаратов и проводников по условиям КЗ;

б) руководящие материалы по выполнению схем, в которых учтена специфика отраслей промышленности:

1) руководящий технический материал «Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий». РТМ 36.18.32.6-92. М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992;

2) руководящий технический материал «Указания по расчету электрических нагрузок». РТМ 36.18.32.4-92. М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992;

3) РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии.

в) инструктивные указания по проектированию и монтажу, в которых публикуются материалы для проектирования, монтажа и наладки, освещаются сметные вопросы, приводятся сведения о б изделиях электротехнических заводов:

1) инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 57 с.

### ***Задания:***

#### ***Задание №1***

Ознакомиться в сети Интернет с содержанием основных нормативных документов и стандартов. Представить краткое содержание для обсуждения в виде презентаций.

### **Практическая работа №3. Изучение видов электрических схем.**

**Цель:** Изучение принципиальных электрических схем.

#### **Основы теории:**

Электрическая схема – графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними, дает детальное представление о принципах работы. Такие схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, монтажных схем соединений и чертежей.

Однолинейная принципиальная схема – схема соединений, в которой многофазные связи показаны для одной фазы.

Нормальная схема электрических соединений -

схема нормального режима работы подстанции на продолжительный срок.

Нормальный режим работы подстанции характеризуется состоянием схемы, отвечающий требованию:

- а) надежности и экономичности работы электрических сетей;
- б) загрузкой отдельных ее элементов, не превышающей допустимых значений;
- в) уровнями напряжений на шинах в пределах заданных значений;
- г) максимальной работоспособностью силового оборудования;
- д) работоспособностью устройств релейной защиты автоматики.

Оперативная схема отражает действительное состояние оборудования подстанции на каждый текущий момент времени.

Оперативная схема подстанции представляет собой чёрно-белую копию нормальной схемы подстанции, позволяет отображать:

- а) действительное положение коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей);
- б) заземляющих устройств;
- а) устройств релейной защиты и автоматики

Изменения в оперативную схему должны вноситься непосредственно после проведения тех или иных операций. Действительные положения коммутационных аппаратов и



Рисунок 2 – Однолинейная принципиальная схема электроснабжения 10кВ предприятия

## ***Практическая работа №4. Изучение основного электрооборудования подстанции.***

***Цель:*** Ознакомление с основным электрооборудованием подстанций.

### ***Основы теории:***

Подстанция электрическая установка, предназначенная для преобразования и распределения электроэнергии.

В сети переменного тока для преобразования электроэнергии используются силовые трансформаторы. Для приема и распределения электроэнергии служат распределительные устройства.



Рисунок 1 На заднем плане открытое распределительное устройство, на переднем здании закрытого распределительного устройства. Цифрами обозначены: 1 портал; 2 силовой трансформатор; токопровод для передачи электроэнергии от силового трансформатора в закрытое распределительное устройство; 4 разъединитель; 5 выключатель

Распределительные устройства электрических подстанций

Распределительные устройства бывают открытые и закрытые. Открытые распределительные устройства (ОРУ) располагаются на открытом воздухе на специальной пло-

щадке. Закрытые распределительные устройства (ЗРУ) находятся внутри специального помещения. Открытыми, как правило, выполняются распределительные устройства напряжением 35 кВ и выше. Распределительные устройства напряжением ниже 35 кВ в большинстве случаев закрытые. В условиях отсутствия достаточного места для размещения ОРУ, например, в городском районе, или при повышенной загрязненности атмосферы распределительные устройства на напряжение 35 220 кВ сооружаются закрытыми.

Распределительные устройства состоят из:

- токоведущих частей;
- электрических аппаратов;
- вспомогательных устройств и сооружений (зданий, порталов, стоек, молниеотводов);
- устройств релейной защиты, автоматики и управления, измерительных приборов.

Открытые распределительные устройства Преимущества открытых распределительных устройств:

- дешевизна, поскольку для сооружения ОРУ не надо строить здание, а достаточно подготовить специальную площадку со стойками для установки электрического оборудования, порталами (специальными опорами), молниеотводами;
- на открытой площадке легко наблюдать за оборудованием;
- для сооружения ОРУ и монтажа оборудования по сравнению с ЗРУ требуется меньше времени;
- на ОРУ легче выполнить реконструкцию или расширить его.

Недостатки ОРУ:

- оборудование должно быть специального исполнения для наружной установки с защитой от атмосферных осадков, запыления, загрязнения, колебаний температуры, иметь специальные уплотнения для предотвращения попадания в него влаги;
- неудобство выполнения работ зимой, при неблагоприятной погоде;
- ОРУ занимают большую площадь, чем ЗРУ.



Рисунок 2 –Открытые распределительные устройства  
Закрытые распределительные устройства

Распределительные устройства могут монтироваться из электрических аппаратов, токоведущих частей и другого оборудования, взятого в отдельности или с использованием комплектных распределительных устройств (КРУ).

На рисунке 4 представлена фотография я ЗРУ напряжением 6 кВ старой подстанции, собранной на месте без применения КРУ.



Рисунок 4 ЗРУ 6 кВ

В настоящее время в распределительных устройствах напряжением 3 35 кВ широко применяются комплектные распределительные устройства (КРУ) с воздушной изоляцией и 11 0 220 кВ с изоляцией из элегаза. На фотографии рисунка 4 представлено закрытое распределительное устройство, состоящее из отдельных шкафов КРУ. Комплектное распределительное устройство — это устройство, состоящее из закрытых шкафов со встроенными в них аппаратами, измерительными и защитными приборами, токоведущими частями.



Рисунок 4 ЗРУ комплектующее шкафами КРУ

#### Силовые трансформаторы

Силовой трансформатор электрическая машина, предназначенная для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Простейший трансформатор состоит из стального магнитопровода, на котором расположены две обмотки с различным числом витков. Изменяющийся в сердечнике магнитный поток наводит в катушках ЭДС, значения которых пропорциональны числу витков

Первичной называется обмотка, к которой подводится электрическая энергия, вторичной к которой подключается нагрузка. Обмотка, которая рассчитана на более высокое напряжение называют обмоткой высшего напряжения, на более низкое напряжение низшего напряжения.

Если необходимо повысить напряжение, то число витков вторичной обмотки делают больше числа витков первичной обмотки. Такой трансформатор называют повышающим. Если наоборот понижающим.

В трехфазных сетях применяются трехфазные трансформаторы и группы из трех однофазных трансформаторов. Более экономичными являются трехфазные трансформаторы, поскольку в них меньше потери электроэнергии, трехфазные трансформаторы дешевле, так как меньше требуется материалов на их изготовление. Максимальная мощность трансформаторов ограничена их массой и размерами, условиями транспортировки и составляет 1000 125 МВА. Однофазные трансформаторы применяются если невозможно изготовление трехфазных или затруднена их транспортировка.

По числу обмоток на фазу трансформаторы делятся на двухобмоточные и трехобмоточные.

Основные конструктивные элементы силового масляного трансформатора: магнитная система (магнитопровод) 1, обмотки 2, изоляция, вводы высокого и низкого напряжения (3, 4), бак 5, охлаждающее устройство 6, тележка 7.

Магнитопровод конструктивная и механическая основа трансформатора. Он выполняется из отдельных листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. Стяжка магнитопровода осуществляется специальными бандажами. На магнитопроводе установлены обмотки, проводники, соединяющие обмотки с вводами.

Магнитопровод с обмотками называется активной частью трансформатора. Для проводников обмотки используется медь и алюминий. Трансформаторы мощностью до 6300 кВА изготавливаются с алюминиевыми обмотками. В масляных трансформаторах основной изоляцией является масло в сочетании с бумагой, электрокартоном, деревом, гетинаксом. Активную часть вместе с отводами, устройствами для регулирования напряжения помещают в бак (рисунок 5)). На крышке бака крепятся вводы 3, 4, расширитель 8. Расширитель 8 представляет собой цилиндрический сосуд, соединенный с баком трубопроводом для уменьшения площади соприкосновения масла с воздухом. Расширитель связан с атмосферой через воздухоосушитель. На стенках бака охлаждающие устройства радиаторы 6. Для очистки трансформаторного масла от влаги и продуктов окисления служит термосифонный фильтр 9.



Рисунок 5 Силовой трансформатор подстанции



Рисунок 6 Силовой трансформатор и открытое распределительное устройство подстанции



Рисунок 7 Автотрансформатор с системой охлаждения с дутьем и принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители с вентиляторами

#### Электрические аппараты

В распределительных устройствах напряжением выше 1 кВ применяются следующие электрические аппараты:

- выключатели;

- разъединители;
- трансформаторы тока;
- трансформаторы напряжения;
- плавкие предохранители;
- короткозамыкатели;
- отделители.

#### Выключатели высокого напряжения

Выключатель коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока. Выключатель служит для включения и отключения цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход. Наиболее тяжелой операцией является отключение токов короткого замыкания и включение на существующее короткое замыкание.

Основные конструктивные элементы выключателей: контакты, дугогасительное устройство, токоведущие части, корпус, изоляционная конструкция, приводной механизм.

По конструктивным особенностям и способу гашения дуги различают следующие типы выключателей:

- масляные баковые (многообъемные). В них масло служит для изоляции токоведущих частей и для гашения дуги;
- маломасляные (малообъемные). В них масло служит дугогасящей средой и только частично изоляцией между разомкнутыми контактами. Изоляция токоведущих частей друг от друга и от заземленных конструкций осуществляется фарфором или другими твердыми изолирующими материалами;
- воздушные (гашение дуги происходит сжатым воздухом, изоляция токоведущих частей дугогасительного устройства осуществляется фарфором или другими твердыми изолирующими материалами);
- элегазовые, заполненные элегазом SF<sub>6</sub>, используемым для изоляции и гашения дуги дугогасительными устройствами с автопневматическим дутьем);
- вакуумные (контакты находятся в вакуумной дугогасительной камере);
- электромагнитные (гашение дуги происходит в дугогасительной камере, куда дуга перемещается в созданном магнитном поле).

#### Разъединители

Разъединитель коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрической цепи без тока или с незначительным током. Разъединитель для обеспечения безопасности имеет в отключенном положении изоляционный промежуток.

При ремонтных работах разъединителем создается видимый разрыв между токоведущими частями, оставшимися под напряжением и аппаратами, выведенными в ремонт.

Разъединителем нельзя отключать ток нагрузки, так как контактная система не имеет дугогасительных устройств и в случае ошибочного отключения токов нагрузки возникает дуга, которая может привести к междуфазному КЗ. Перед операцией разъединителем цепь должна быть разомкнута выключателем.

***Задания:***

***Задание №1***

Задача 1. Изучить и представить в виде презентаций основные виды высоковольтных выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения по заданию преподавателя

## ***Практическая работа №5. Изучение схем комплектных трансформаторных подстанций.***

***Цель:*** Изучение схем и основных заводов изготовителей комплектных трансформаторных подстанций.

### ***Основы теории:***

Рассмотрим комплектные трансформаторные подстанции КТП 1(2) 25...400 кВА, киоскового типа, тупиковые и проходные: тупиковые КТП 1 и проходные КТП 2 мощностью 25, 40, 63, 100, 160, 250 и 400 кВ·А, напряжением ВН 6 или 10 кВ напряжением НН 0,4 кВ



Рисунок 1 Тупиковая и проходная КТП

КТП устанавливается на простейшую бетонную площадку высотой 200 мм. Отличие КТП проходного типа в том, что ее устройство позволяет подключить потребителя к двум высоковольтным линиям/ Высоковольтный ввод -воздушный или кабельный, отводы

отходящих линий -воздушные иликабельные.В КТП предусмотрены линии уличного освещения, включаемые автоматически по сигналу встроенного реле. На стороне НН установлены автоматические выключатели. В комплект поставки КТП входят шкафы УВН и РУНН, силовой трансформатор, разъединитель наружной установки РЛНДз-10/630.Ток термической стойкости на стороне ВН в течение 1 с -5,0 кА. Ток электродинамической стойкости на стороне ВН -12,5 кА.

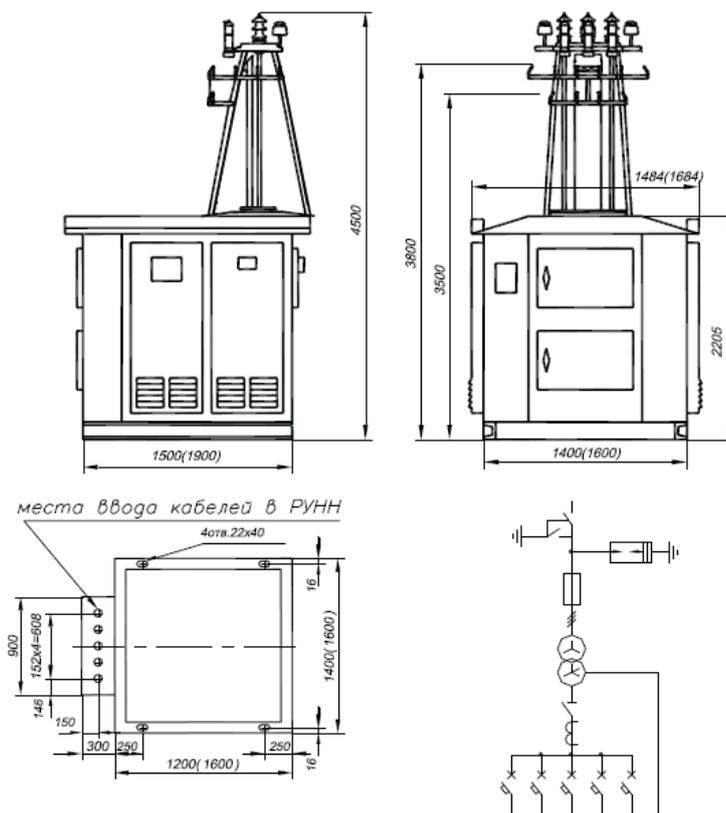


Рисунок 2 – КТП тупиковая с воздушным вводом

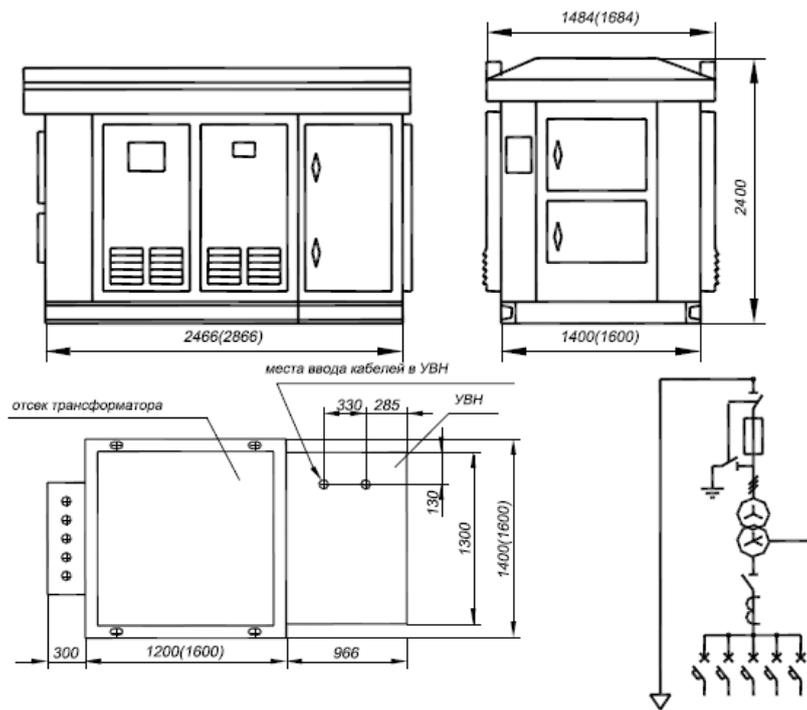


Рисунок 3 –КТП тупиковая с кабельным вводом

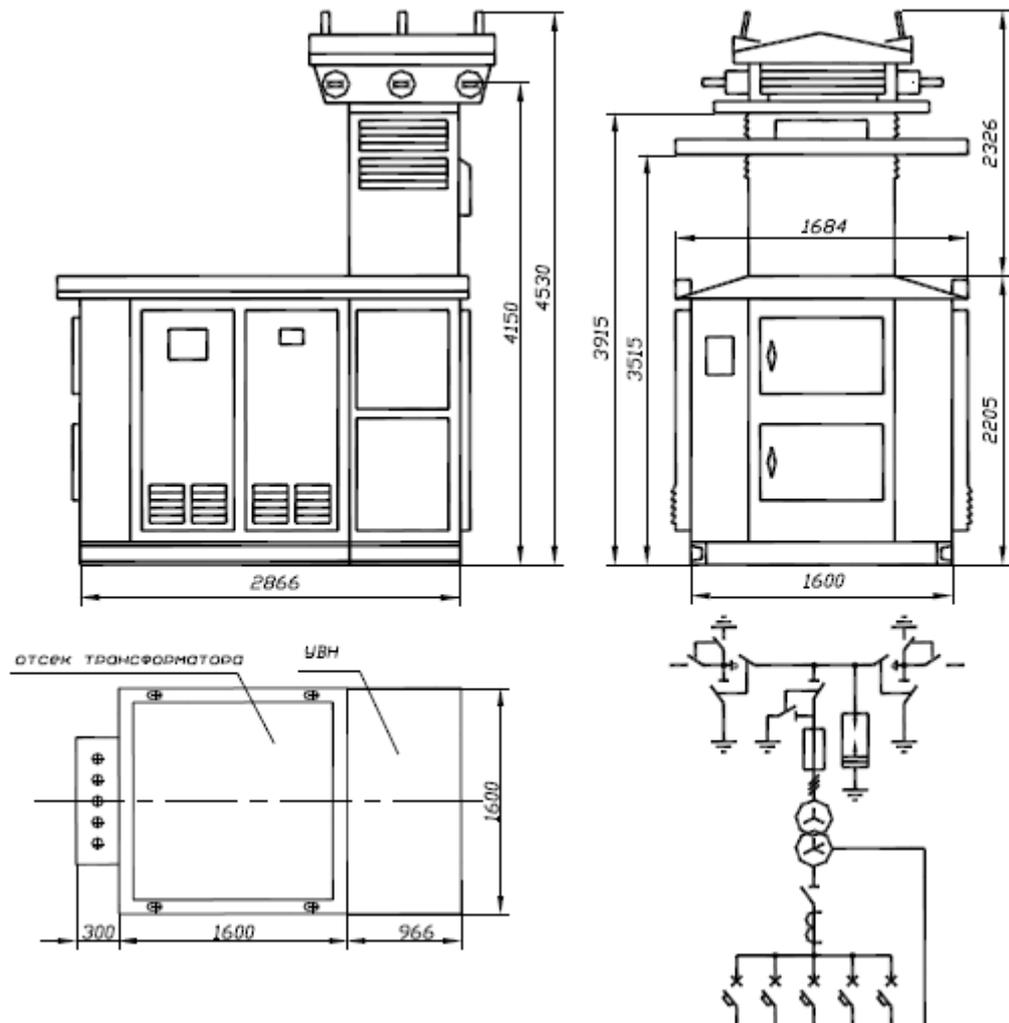


Рисунок 4 – КТП проходная с воздушным вводом

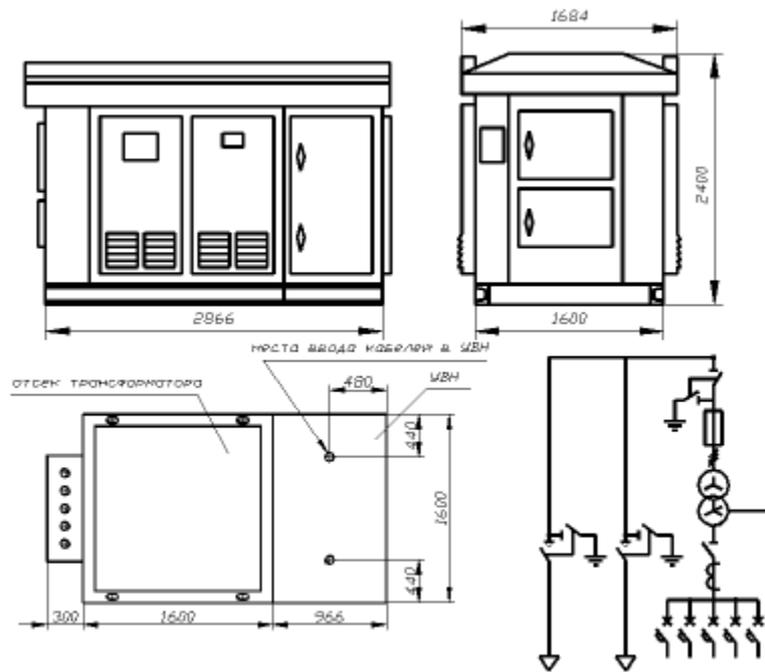


Рисунок 5 — КТП проходная с кабельным вводом



Рисунок 6 – подстанции КТП 1м-25...400 кВА, киоскового типа, тупиковые

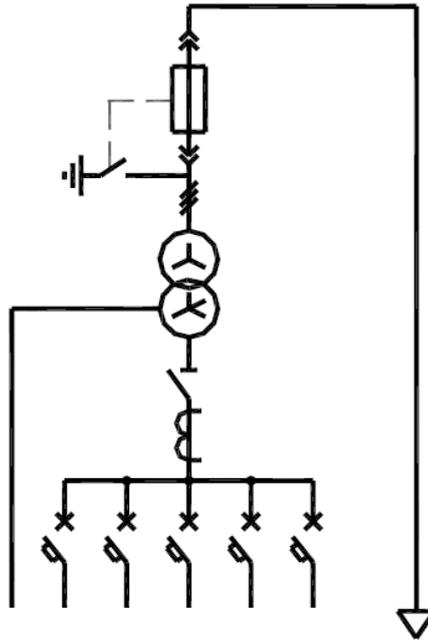


Рисунок 7 –КТП-1М 25...250/10/0,4 У1 тупиковая с воздушным вводом

**Задания:**

**Задание №1**

Изучить схемы комплектных трансформаторных подстанций городских и промышленных сетей электроснабжения

## ***Практическая работа №6. Изучение схем комплектных распределительных устройств.***

**Цель:** Изучение схем ячеек КРУ и КСО.

### ***Основы теории:***

Предложен вариант представления информации о комплектных распределительных устройствах на примере ячейки «Аврора»:

Информация взята из проспекта ОАО ПО «Элтехника» «Техническая информация ТИ-013-2000. АВРОРА КСО –6 (10) –Э1», а также с сайта [www.elteh.ru](http://www.elteh.ru).

### **НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Ячейки «АВРОРА» типа КСО–6(10)–Э1 предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 6 и 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью и применяются в распределительных и трансформаторных подстанциях.

Ячейки предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- температура окружающего воздуха от минус 25°С до плюс 40°С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли и агрессивных газов или паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

По требованию заказчика в ячейках устанавливаются нагревательные элементы, обеспечивающие нормальные температурные условия работы аппаратуры, включающиеся автоматически.

Ресурс по механической стойкости до первого капитального ремонта:

- 50000 циклов включений –отключений вакуумного выключателя ВВ/TEL;
- 2000 включений и 2000 отключений выключателя нагрузки (разъединителя), заземляющего разъединителя, производимых предназначенными для них приводами;
- 1000 открываний и 1000 закрываний каждой двери.

Коммутационный ресурс вакуумного выключателя ВВ/TEL:

- при отключении номинального тока –50000 циклов включений –отключений;
- при отключении тока (60–100) % от номинального тока отключения –100 циклов.

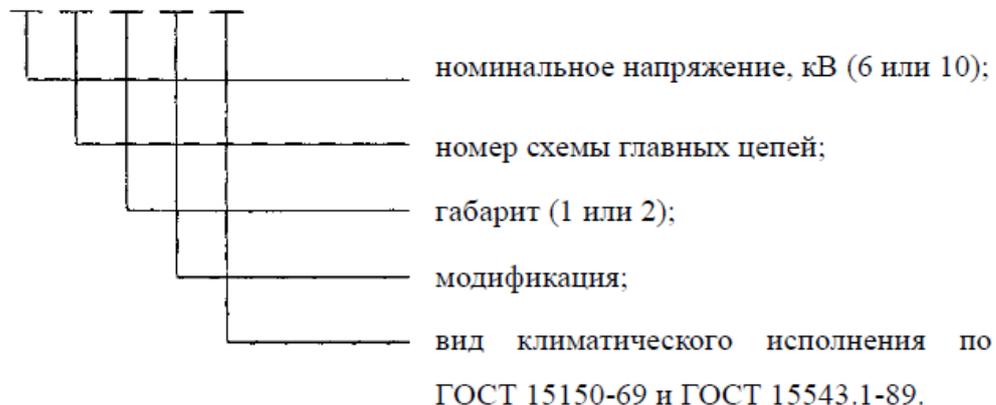
Коммутационный ресурс выключателя нагрузки:

- 100 включений и 100 отключений при коммутации номинального тока.

Ячейки «АВРОРА» имеют срок службы 20 лет.

## СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ЯЧЕЙКИ

КСО – X – X – X – Э1 У3



### ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В ячейках устанавливаются: вакуумные выключатели	ВВ/TEL («Таврида Электрик»)
выключатели нагрузки	IML («Sagel», Италия)
3-х позиционные разъединители	SML («Sagel»)
2-х позиционные разъединители	SVR («Sagel»)
заземлители	STL («Sagel»)
предохранители	SIBA (Германия)
трансформаторы напряжения	НАМИТ и НОЛ
трансформаторы тока	ТОЛ
трансформаторы собственных нужд	ТСКС
ограничители перенапряжений	TEL

Оперативные цепи выполнены на переменном напряжении 220 В.

Схемы вторичной коммутации выполнены с применением микропроцессорных блоков релейной защиты совместного производства ОАО «ПО Элтехника» и фирмы ORION (Италия). Возможно применение МБРЗ других производителей, по специальному требованию заказчика.

Ячейка КСОб(10) Э1 представляет собой металлоконструкцию, изготовленную из оцинкованной стали  $\delta = 2$  мм. Детали металлоконструкции и з изготовлены на высокоточном оборудовании с ЧПУ, методом холодной штамповки. Все несущие соединения выполнены на усиленных стальных вытяжных заклепках. Наружные элементы конструкции (двери, боковые панели и т.д.) окрашены порошковой краской PA L 7032. С целью обес-

печения безопасности ячейка разделена на три отсека: отсек сборных шин, высоковольтный отсек, кабельный отсек, а также шкаф релейной защиты и вторичной коммутации.

Выключатели нагрузки (разъединители) устанавливаются на границе отсека сборных шин и высоковольтного отсека. Конструктивно верхние контакты выключателей нагрузки (разъединителей) являются опорными изоляторами для сборных шин.

В высоковольтном отсеке располагается аппаратура главных цепей: вакуумный выключатель, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, предохранители. Сетка схем главных цепей. В шкафу релейной защиты и вторичной коммутации установлены: микропроцессорные блоки релейной защиты, приборы контроля и учета электроэнергии, клеммный ряд и т.д. На задней стенке ячейки имеются разгрузочные клапаны. Ячейки отделены друг от друга металлическими перегородками.

Ячейка имеет отдельные двери как для шкафа релейной защиты и вторичной коммутации, так и для высоковольтного и кабельного отсеков.

Для обзора внутреннего пространства ячейки на дверях отсеков расположены смотровые окна. В ячейках установлены светильники с лампами накаливания напряжением 36 В, обеспечивающие возможность замены ламп без открывания дверей.

Сборные шины изготовлены из электротехнической меди и установлены внутри отсека сборных шин.

Все аппараты и приборы, установленные в ячейке и подлежащие заземлению, заземлены. Верхняя дверь, на которой установлены приборы вспомогательных цепей, заземлена гибким проводом. Нижняя дверь заземлена гибкой перемычкой. При установке ячейки сболчиваются друг с другом, образуя единый контур заземления. Для соединения с внешним заземляющим контуром каждая ячейка имеет в нижней части доступный для осмотра болт заземления.

Приводы выключателей нагрузки, разъединителей, заземлителей и аппаратов управления, реле защиты, управления, сигнализации, приборы учета и измерения расположены с фасадной стороны ячейки.

Каналом для магистральных шинок, шинок оперативных цепей, цепей управления и сигнализации служит короб для межкамерных соединений, расположенный на верхней панели шкафа релейной защиты и вторичной коммутации.

В шкафу релейной защиты и вторичной коммутации установлен клеммный ряд для выполнения межкамерных соединений вспомогательных цепей.

Общий вид ячейки показан на рисунке 2.

При двухрядном расположении ячеек в помещении распределительного устройства между рядами ячеек устанавливается шинный мост. Шинный мост представляет собой металлоконструкцию, собранную из закрытых коробов, с установленными в них изоляторами и шинами.

Основные технические характеристики выключателей нагрузки, разъединителей и заземляющих разъединителей приведены в таблице 3.

***Задания:***

***Задание №1***

Используя сеть Интернет определить отечественные заводы- изготовителя современных ячеек КРУ. Представить презентации и схемы ячеек

## ***Практическая работа №7. Изучение электротехнических изделий и электрооборудования.***

**Цель:** Заключается в ознакомлении с основными разработчиками электротехнических изделий и электрооборудования.

### ***Основы теории:***

Для обеспечения необходимого уровня качества проектно-сметной документации (ПСД) и сокращения трудозатрат при проектировании специализированные энергетические институты, в частности «Энергосетьпроект» и «РОСЭП», занимающиеся проектированием электросетевых объектов напряжением 0,4–500 кВ выпускают общедоступные перечни действующих типовых проектов и перечни нормативной и справочной документации по проектированию электрических сетей, а также указатели информационных и методических материалов по проектированию электроснабжения потребителей по состоянию на 1 января текущего года. Например, выпуск № 1 за 2004 г. сборника «Руководящие материалы по проектированию распределительных электрических сетей» объемом 5,5 учетно-издательских листов, выпущенный ОАО «РОСЭП» РАО «ЕЭС России» тиражом 300 наименований типовых проектов по трансформаторным подстанциям, линиям электропередачи, электрическим станциям и электродотельным. Такие сборники позволяют как начинающему, так и опытному проектировщику быстро ориентироваться в море информации, выбрать необходимый типовой проект, проект повторного применения или работу специализированных организаций и использовать ее для разработки конкретного индивидуального электросетевого проекта.

Важным источником информации для проектировщика являются номенклатурные каталоги электротехнических изделий и оборудования, публикуемые проектными институтами, обществами, подобными «Информэлектро», и заводами. Для общего представления о заводах, выпускающих электрооборудование, можно назвать, например, такие предприятия:

- а) «Группа компаний «Электроцит» – ТМ Самара»,
- б) Московский завод «Электроцит»,
- в) «Мытищинский ЭМЗ»,
- г) Чебоксарский завод «ЧАЭЗ»,
- д) Люберецкий ЭМЗ,
- е) Саратовские заводы «Прогресс» и «Контакт»,

- ж) Волгоградский ЭМЗ,
- з) Краснодарское предприятие «Электроприбор»,
- и) Ставропольский завод «Сигнал» и многие другие отечественные заводы.

Информация, полученная непосредственно с заводов, обладает достоверностью, точностью и необходимой полнотой. Сведения о самих заводах и номенклатуре их продукции можно получить из разных источников, рекламных буклетов, каталогов с многочисленных специализированных выставок и различными сборниками проектных организаций.

Многие отечественные заводы работают совместно с известными иностранными фирмами, например, Siemens, Nokia, АВВА.

### ***Задания:***

#### ***Задание №1***

В сети Интернет найти каталоги отечественных разработчиков электротехнического оборудования и представить основные схемы данного оборудования в виде презентаций

## ***Практическая работа №8. Схемы электроснабжения промышленных предприятий.***

**Цель:** Заключается в ознакомлении с основными схемами электроснабжения промышленных предприятий.

### ***Основы теории:***

Электроснабжение – процесс поставки электроэнергии для электрифицированной жизнедеятельности человека.

Имеется огромное разнообразие схемных решений систем электроснабжения, которое определяется особенностями территориального расположения потребителя, его категорией по надежности электроснабжения, а также особенностями технологического функционирования. В процессе многолетнего проектирования систем электроснабжения сформировались некоторые наиболее распространенные подходы при обосновании схем центров электрического питания, высоковольтных и низковольтных распределительных сетей, трансформаторных подстанций.

Одной из структурных частей электроснабжения является высоковольтная распределительная сеть (ВВРС), служащая для передачи и распределения электроэнергии от центра электрического питания (ЦЭП) между высоковольтными электроприемниками и подстанциями 10(6)/0,4 кВ.

Напряжение 6 кВ приводит к наибольшим затратам, вследствие повышенных потерь электроэнергии в сети, и оно оправдано только в двух случаях. Первый случай – при большом количестве у потребителя электроприемников мощностью 300 – 1000 кВт с номинальным напряжением 6 кВ. Второй – при напряжении существующего источника

питания 6 кВ. Это характерно для электроснабжения небольших потребителей от близкорасположенной системы электроснабжения, высоковольтная электрическая сеть которой по определенным причинам реализована на напряжении 6 кВ, т.е. в тех случаях, когда нет других вариантов.

Наиболее распространенным для ВВРС является напряжение 10 кВ, как более экономичное, чем 6 кВ. При этом, если у потребителя имеется несколько электроприемников на напряжение 6 кВ, то их целесообразно запитать от ТП 10/6 кВ. На это напряжение в нашей стране производится наибольшее количество электротехнической продукции, и оно является основным для ВВРС системы электроснабжения (СЭС).

Напряжение 20 кВ самое экономичное, но пока не используется из-за отсутствия необходимого электрооборудования.

Основными факторами, влияющими на выбор схемы ВВРС для конкретного потребителя, являются следующие:

- принятый к исполнению конкретный вид структуры СЭС;
- распределяемая сетью мощность;
- требуемая степень надежности электроснабжения;
- особенности расположения подстанций на генеральном плане объекта и их общее количество;
- условия прокладки сетей и особенности среды.

При проектировании СЭС прорабатываются и рассчитываются не-сколько возможных вариантов схемы ВВРС из числа удовлетворяющих заданным условиям, из которых выбирается оптимальный по условиям технико-экономических критериев (с наименьшими приведенными затратами). На основании опыта проектирования и эксплуатации систем электроснабжения в настоящее время сформировались следующие типовые схемные решения электрических сетей:

- радиальная;
- магистральная;
- радиально-магистральная;
- кольцевая;
- с двусторонним питанием.

**Радиальной** называется схема, когда каждая отдельная подстанция питается от центра электрического питания по отдельной линии, подключенной к РУ через отдельную ячейку. Другими словами, это схема, в которой линия электропередачи соединяет подстанцию верхнего уровня с подстанцией нижнего уровня (или устройством распределения электроэнергии, приемником электроэнергии) без промежуточных отборов мощности (подстанции на рисунке 1 представлены не принципиально, а структурно).

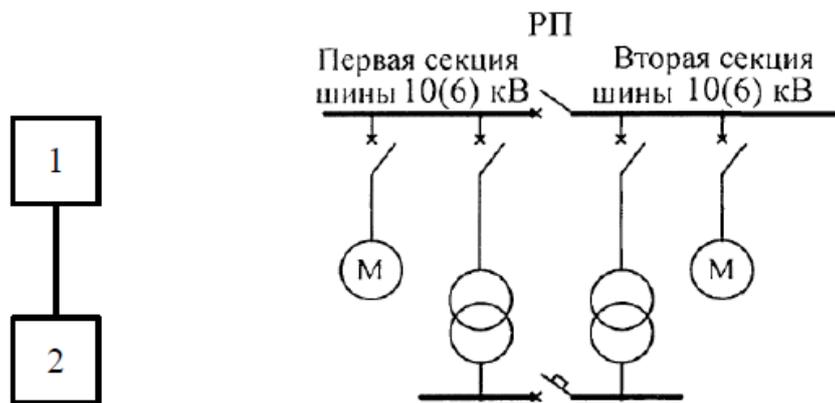


Рисунок 1 – Радиальная схема высоковольтной распределительной сети:

1 – подстанция верхнего уровня; 2 – подстанция нижнего уровня

Если подстанция двухтрансформаторная, то к ней в радиальной сети идет двухцепная (радиальная) линия электропередачи с разных секций ЦЭП (пример такой схемы приведен на рисунке 1).

Радиальные схемы имеют наибольшую надежность по сравнению с магистральными, так как при повреждении какой-либо линии отключается только один потребитель. Но они и самые дорогие, так как требуют

прокладки большого количества кабелей и установки большого количества ячеек в РУ или в РП 10 кВ. Радиальные схемы целесообразны в тех случаях, когда существуют крупные сосредоточенные нагрузки, расположенные в различных направлениях от центра питания.

**Магистральной** называется такая схема, когда каждая магистраль, отходящая от центра электрического питания, запитывает по цепочке несколько ТП 10/0,4 кВ. При магистральной схеме от подстанции верхнего уровня питаются по одной линии электропередачи (магистральной) несколько подстанций нижнего уровня (или устройств распределения электроэнергии). Магистральные схемы распределения электроэнергии следует применять при распределенных нагрузках и при таком взаимном расположении подстанций (ПГВ, РП, ТП) на территории проектируемого объекта, когда магистрали могут быть проложены без значительных обратных направлений.

Различают следующие разновидности магистральных схем:

– одиночная магистраль, когда к подстанциям идут одноцепные линии электропередачи (рисунок 2); наиболее характерна при наличии в СЭС однострансформаторных подстанций);

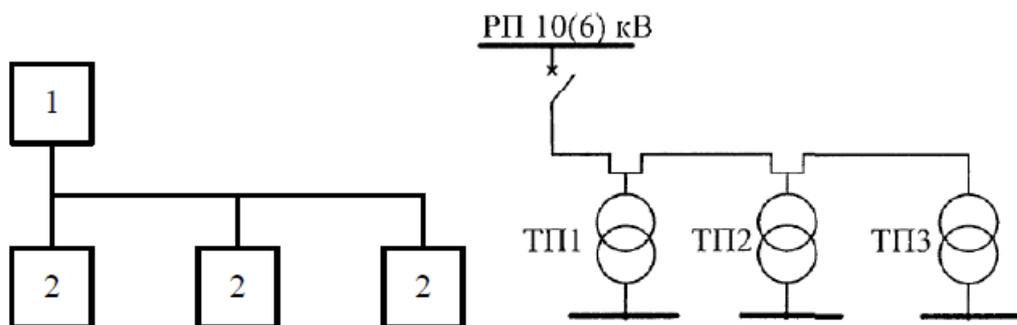


Рисунок 2 – Одиночная магистраль с односторонним питанием

- одиночная магистраль с двусторонним питанием (рисунок 3);
- двойная магистраль с односторонним питанием, когда к подстанциям идут двухцепные линии электропередачи (рисунок 4);
- двойные (встречные) магистрали с двусторонним питанием (рисунок 5), когда цепочки линий электропередачи двух магистралей идут к двухтрансформаторным ТП от разных секций РУ встречно друг другу;

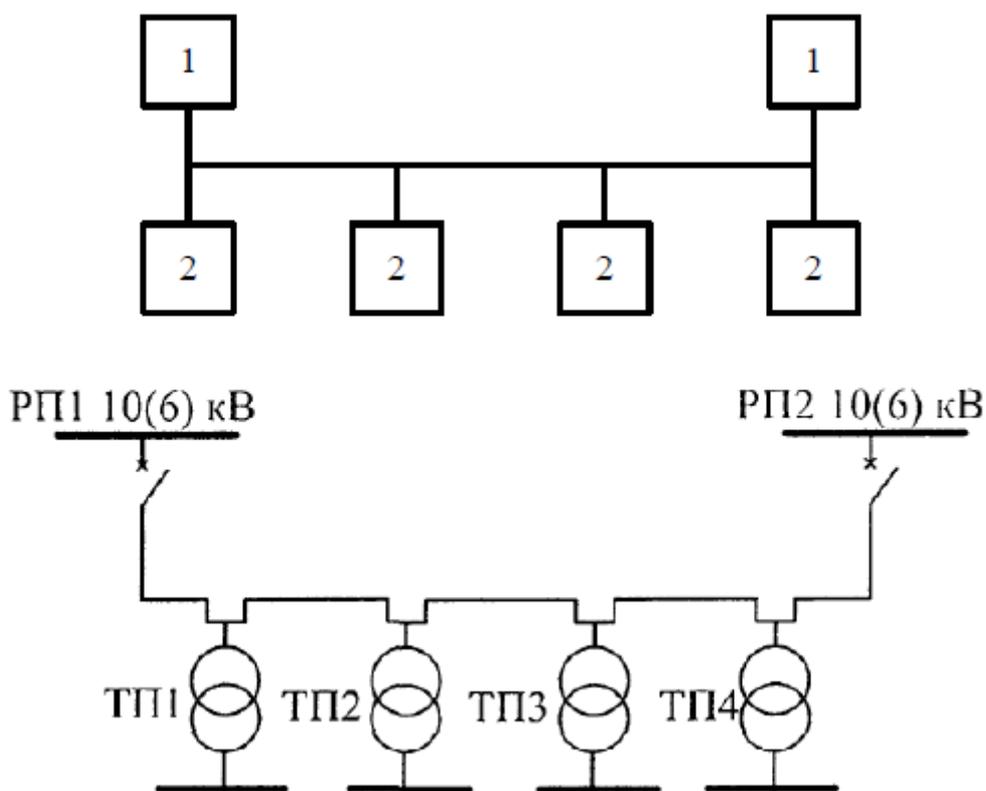


Рисунок 3 – Одиночная магистраль с двусторонним питанием (петлевая)

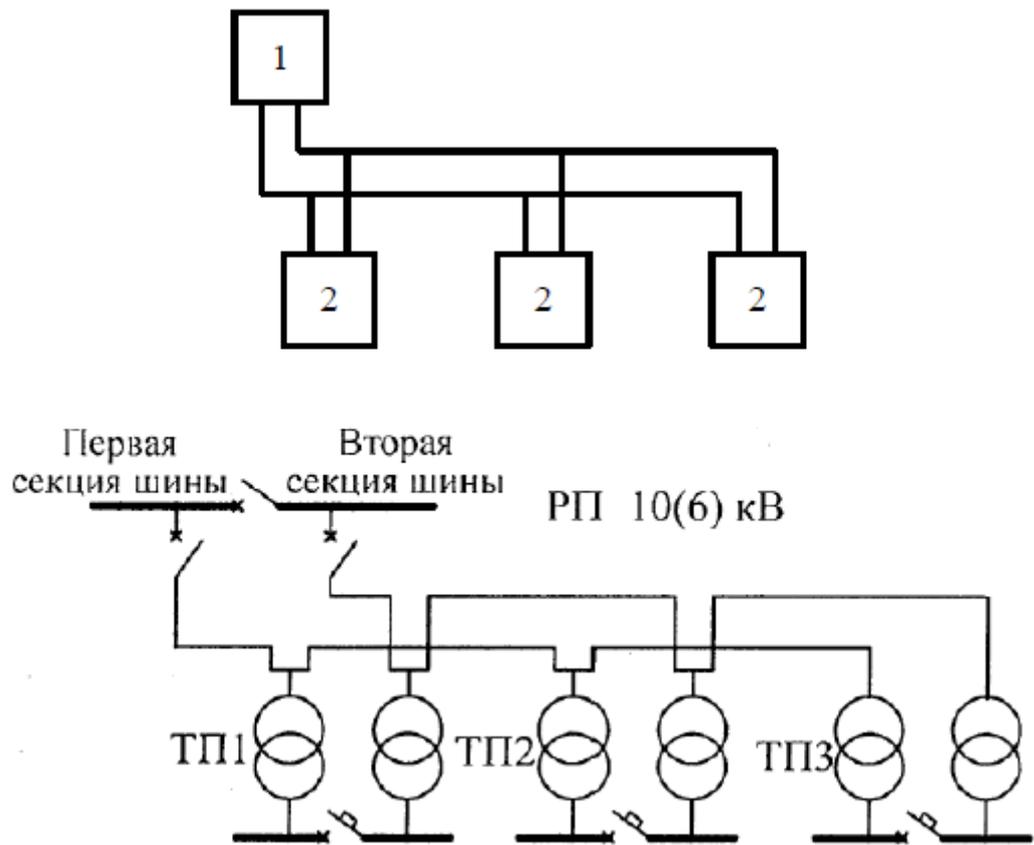


Рисунок 4 – Двойная магистраль с односторонним питанием

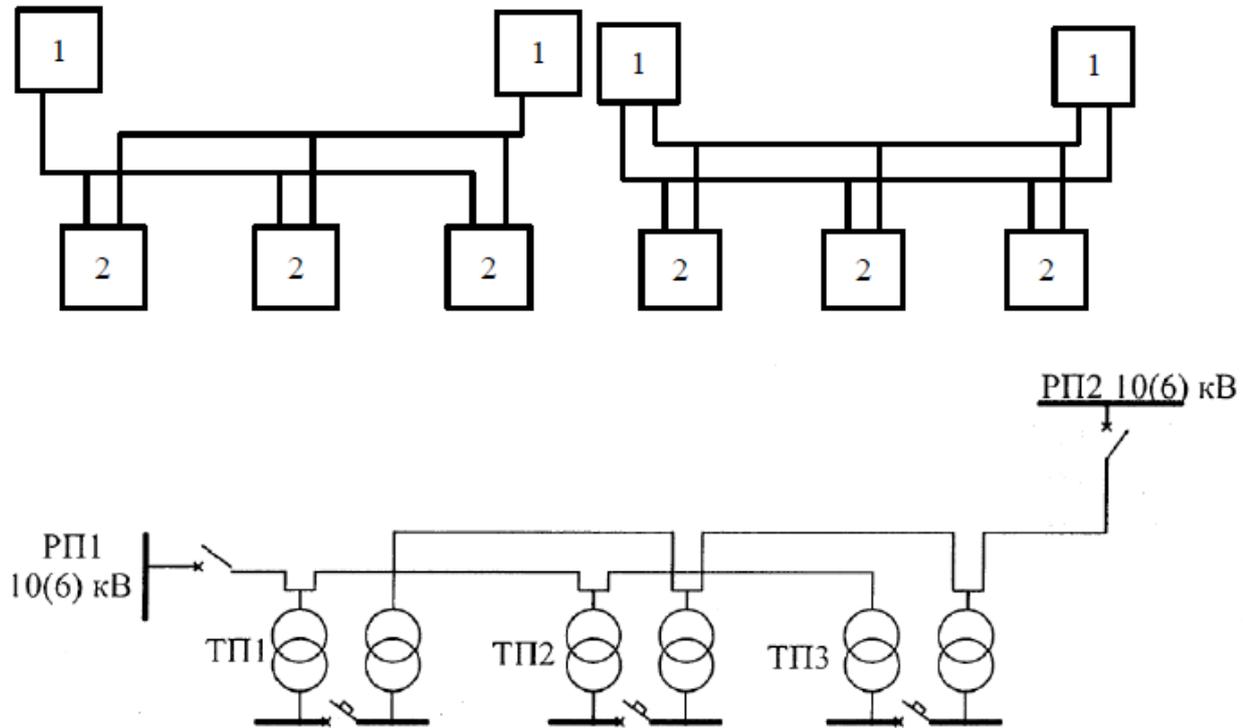


Рисунок 5 – Двойная магистраль с двухсторонним питанием

Особенностями магистральных схем по сравнению с радиальными при прочих равных условиях являются их меньшая стоимость, определяемая меньшим количеством электрических аппаратов в РУ центра электрического питания, и меньшая надежность. Например, выход из строя линии электропередачи головного участка магистрали приводит к прекращению электроснабжения всех потребителей, подключенных к ней.

**Радиально-магистральной** (смешанной) является такая схема, когда в ней присутствуют фрагменты радиальных и магистральных схем. Смешанной схеме присущи особенности радиальных и магистральных схем в той степени, в которой она стремится к тому или иному крайнему решению, так как является промежуточным решением между ними.

**Кольцевая схема** представляет собой развитие магистральной, заключающееся в том, что начинается она с одной секции распределительного устройства, а заканчивается на другой секции (рисунок 6).

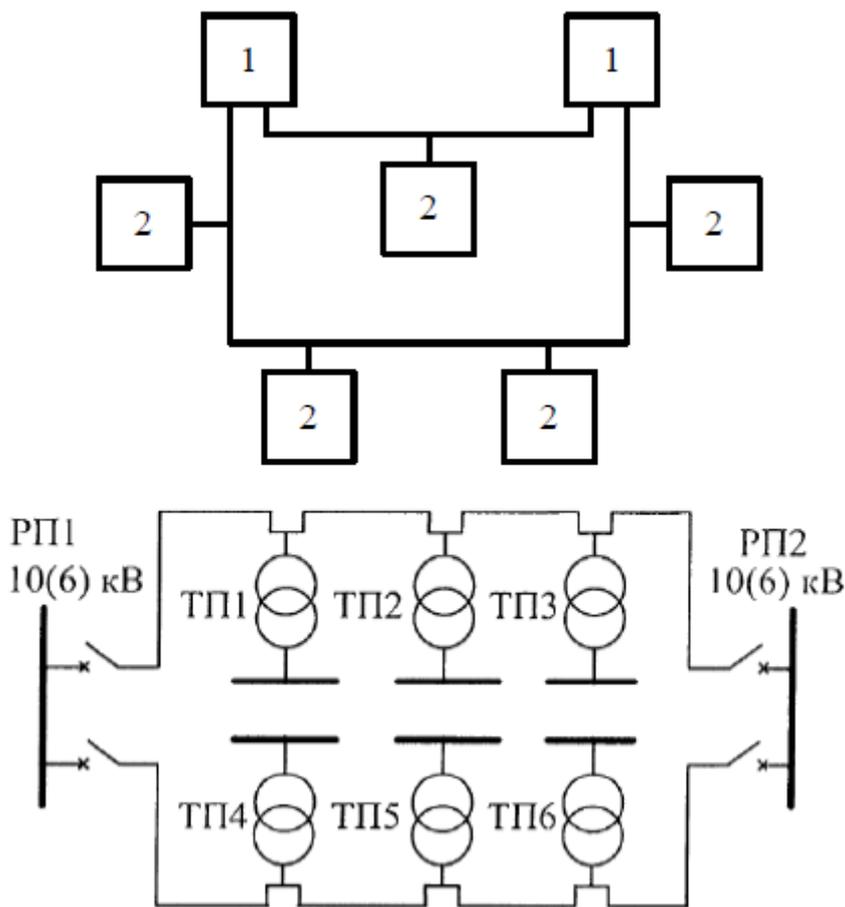


Рисунок 6 – Кольцевая схема

Из указанного выше определения кольцевой схемы вытекает ее главная особенность – кольцо, состоящее из некоторого количества линий электропередачи, соединяю-

щих между собой подстанции и секции распределительного устройства источника питания, должно быть разомкнуто в какой-либо точке.

В противном случае по кольцу будет протекать уравнивающий ток, определяемый разностью потенциалов одноименных фаз секций РУ источника (так как секционный аппарат разомкнут) и суммарным сопротивлением линий кольца. Таким образом, нормальное оперативное состояние кольцевой схемы состоит в том, что одна из линий находится в разомкнутом состоянии, но только с одной стороны, т.е. под напряжением.

Достоинством кольцевых схем является их высокая надежность по сравнению с вышерассмотренными схемами, обусловленная тем, что выход из строя любой из линий не приводит к ограничению

электропитания потребителей, подключенных к ТП, так как всегда может быть найдено оперативное состояние схемы, позволяющее передать электроэнергию.

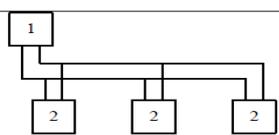
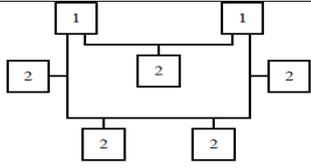
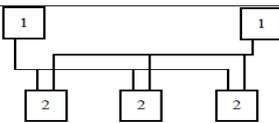
Недостаток кольцевых схем состоит в том, что при прочих равных условиях они дороже, что объясняется большей протяженностью линий электропередачи и большим их сечением.

### **Задания:**

#### **Задание №1**

Заключается в просмотре и обсуждении презентаций по схемам электропитания промышленных предприятий, для чего необходимо выбрать и представить на обсуждение схему электропитания в соответствии с номером варианта, который выдается преподавателем.

Таблица 1 – Варианты схем электропитания

вариант	Тип схемы	Структурное обозначение
1	двойная магистраль с односторонним питанием	
2	кольцевая	
3	двойная магистраль с двухсторонним питанием	

## ***Практическая работа №9. Схемы электроснабжения городской электрической сети.***

**Цель:** Ознакомиться с сетями электроснабжения селитебных территорий городов.

### ***Основы теории:***

Городские электрические сети классифицируются на:

– электроснабжающие (напряжением 35 – 220 кВ), к которым относятся линии электропередачи 35 кВ и выше вместе с опорными подстанциями и подстанциями глубоких вводов;

– питающие (напряжением 6-20 кВ), состоящие из линий электропередачи от шин 6-10 кВ опорных подстанций, подстанций глубокого ввода или ТЭЦ до шин 6-20 кВ распределительных пунктов и связей между ними вместе с распределительными пунктам;

– распределительные (напряжением 6-20 кВ), состоящие из линий электропередачи от шин 6-20 кВ распределительных пунктов до шин 6-20 кВ трансформаторных подстанций 6-20/0,4 кВ вместе с трансформаторными подстанциями;

– распределительные (напряжением 380 В), состоящие из линий электропередачи от шин 380 В трансформаторных подстанций 6-20/0,4 кВ до вводных распределительных устройств зданий и сооружений;

– внутренние (напряжением 380 В) сети зданий.

Электроснабжающая сеть города выполняет двойственную роль:

– осуществляет параллельную работу источников питания;

– используется для распределения электроэнергии среди районов города.

Особенности ее построения определяются местными условиями: технической характеристикой источников питания, размерами города,

величиной и плотностью нагрузки. Для крупных городов электроснабжающая сеть выполняется в виде кольцевой (рисунок 1) или магистральной сети с двухсторонним питанием. Источниками питания служат подстанции энергосистемы или электрические станции. Кольцевое исполнение линии обеспечивает надежную и гибкую систему электроснабжения города, а также достаточно экономичное развитие электроснабжающей сети с ростом нагрузки отдельных районов города. Напряжение кольцевой сети определяется размерами города. Для крупных городов сеть выполняется на напряжение 110 (220) кВ и выше. Кольцевая сеть 110 кВ и выше крупнейших городов должна быть связана по сети

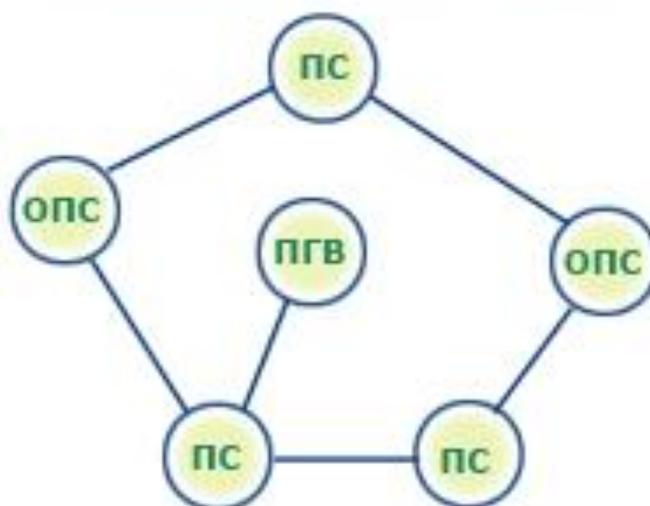
внешнего электроснабжения не менее чем с двумя независимыми источниками питания энергосистемы через разные опорные подстанции.

Опорной подстанцией (ОПС) называется подстанция, получающая электроэнергию от источника питания и распределяющая ее по кольцевой или магистральной сети и по подстанциям глубокого ввода. Опорные подстанции рекомендуется располагать в противоположных местах кольцевой сети. Линии связи кольцевой сети с опорными подстанциями энергосистемы во всех случаях должны сооружаться по разным трассам. В сетях 110 кВ рекомендуется присоединение к одной линии электропередачи с двусторонним питанием, как правило, не более трех подстанций при условии сохранения питания потребителей при аварийном отключении любого участка линии.

При разработке схемы электроснабжающих сетей крупных городов дополнительно к кольцевой магистральной сети напряжением 110 кВ и выше с двусторонним питанием города следует предусматривать сооружение подстанций глубокого ввода напряжением 110 кВ и выше для питания отдельных районов города, не охватываемых кольцевой сетью указанного напряжения. В зависимости от местных условий питание подстанций глубокого ввода может предусматриваться от разных секций

шин одной или разных опорных подстанций, а также ответвлениями от кольцевой сети с двусторонним питанием. Подстанции глубокого ввода необходимо выполнять двухтрансформаторными с подключением по схеме блоков «линия - трансформатор».

### Кольцевая схема электроснабжения города



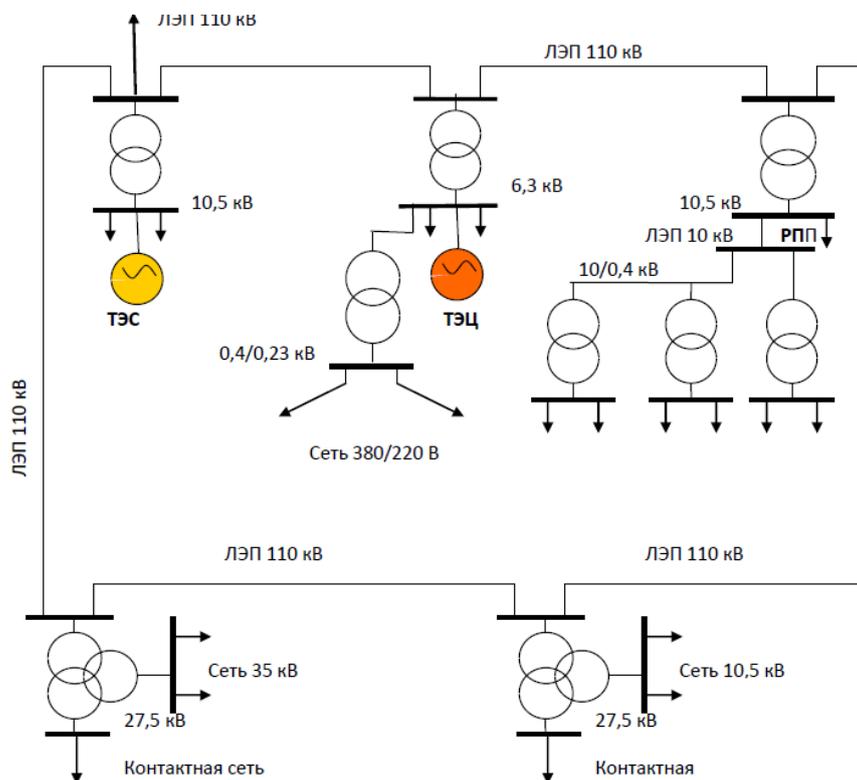


Рисунок 1 – Кольцевая схема электроснабжающей сети

Радиальная схема питания подстанции глубокого ввода предусматривает применения упрощенных схем первичной коммутации.

Построение электроснабжающих сетей должно обеспечивать ограничение транзитных перетоков через городскую систему электроснабжения.

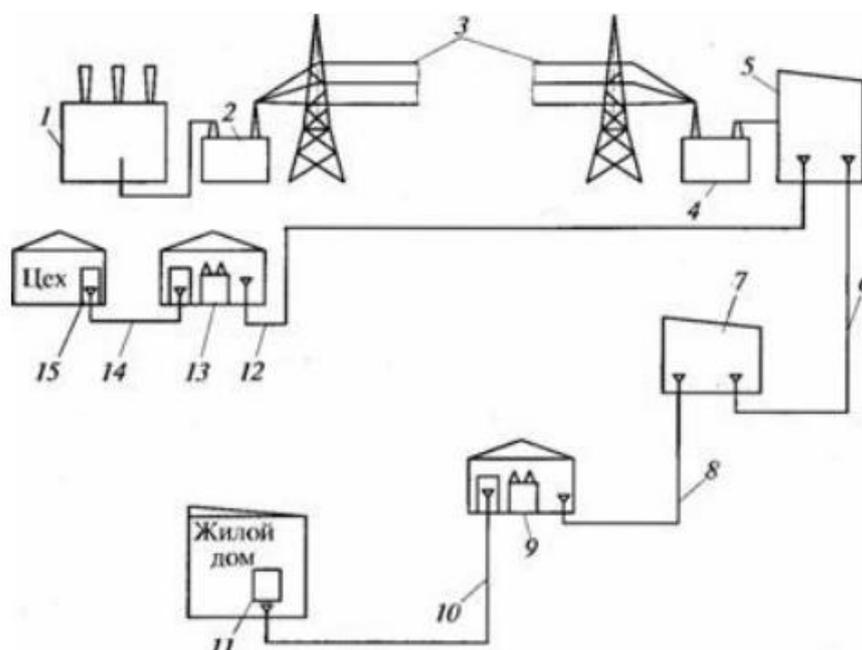


Рисунок 2 – Структурная схема электроснабжения города:

1 – районная электростанция; 2 – повышающий трансформатор; 3 – ВЛ напряжением 220 кВ; 4 – подстанция глубокого ввода (центр питания); 5 – распределительное устройство; 6 – питающая кабельная линия; 7 – распределительный пункт; 8 – распределительная кабельная линия; 9 – понизительная трансформаторная подстанция; 10, 14 – кабельные линии напряжение 0,4 кВ; 11 – вводно-распределительное устройство; 12 – кабельная линия напряжением 35 кВ; 13 – главная понизительная подстанция предприятия; 15 – распределительный щит на напряжение 0,4/0,23 кВ

### **Питающие и распределительные сети 10 кВ**

В качестве основного среднего напряжения питающих и распределительных городских сетей принято напряжения 10 кВ.

**Питающие сети** состоят из линий электропередачи от шин 10 кВ опорной подстанции (ОПС) или подстанции глубокого ввода (ПГВ или ГПП) до

шин 10 кВ РП и связей между РП. Шины 10 кВ ОПС или ПГВ (ГПП) называются центрами питания (ЦП).

Назначение питающих электрических сетей – концентрированная передача мощности на РП в районы, удаленные от ЦП указанных подстанций. РП осуществляют прием электрической энергии от ЦП и её распределение на среднем классе напряжения 10 кВ.

Целесообразность сооружения РП напряжением 10 кВ должна определяться в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами и при условии, что нагрузка на их шинах не менее 7 МВт. Питание РП должно осуществляться по радиальным взаимно резервируемым линиям, подключенным к разным секциям ЦП. Распределительные пункты на 10 кВ выполняются, как правило, с одной секционированной системой сборных шин. На секционном выключателе должно предусматриваться устройство автоматического ввода резерва (АВР).

**Распределительные сети** – сети от шин 10 кВ РП до распределительных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ. Распределительная сеть 10 кВ представляет собой сочетание радиальных, кольцевых и лучевых (магистральных) схем питания городских распределительных подстанций.

Для электроснабжения потребителей с электроприемниками первой категории рекомендуются следующие схемы:

- радиальные;
- двухлучевая с односторонним питанием (двойная магистраль с односторонним питанием);

– двухлучевая с двухсторонним питанием (двойная магистраль с двухсторонним питанием).

Наиболее распространенные схемы питания городских распределительных подстанций – это радиальная и двухлучевая с односторонним питанием (двойная магистраль с односторонним питанием).

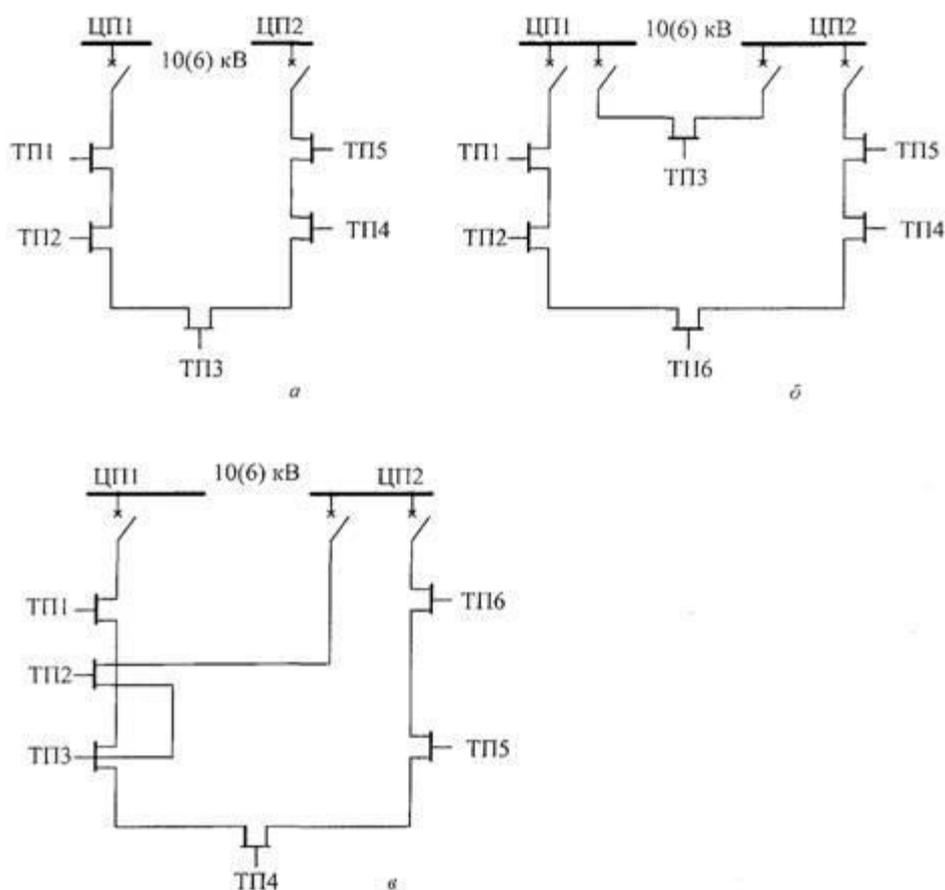


Рисунок 3 – Схемы питания трансформаторных подстанций в городских сетях: а – петлевая; б – кольцевая; в – комбинированная: петлевая и однолучевая

Для электроснабжения потребителей с электроприемниками особой группы первой категории рекомендуются двухлучевая схема с двухсторонним питанием, при условии подключения взаимно резервирующих линий 10 кВ к разным независимым источникам питания.

При этом на секционном выключателе распределительного устройства 0,4 кВ двухтрансформаторных ТП должно быть предусмотрено устройство АВР.

Основным принципом построения распределительной сети 10 кВ для электроприемников второй категории является сочетание петлевых и кольцевых схем 10 кВ, обеспечивающих двухстороннее питание каждой ТП, и петлевых схем 0,4 кВ.

Для электроснабжения районов города с электроприемниками первой и второй категорий рекомендуется применение на напряжении 10 кВ комбинированной петлевой и двухлучевой схемы с двухсторонним питанием.

Основным принципом построения распределительной сети 10 кВ для электроприемников третьей категории является сочетание петлевых линий 10 кВ и радиальных линий 0,38 кВ к потребителям. Для электроснабжения потребителей с электроприемниками третьей категории рекомендуются применение однотрансформаторных подстанций питающихся по петлевым схемам.

Питание тяговой подстанции троллейбусов целесообразно осуществить по радиальной двухлучевой схеме с установкой секционного выключателя с АВР на стороне ВН преобразовательной подстанции.

#### **Распределительные сети 0,4 кВ**

Распределительные сети 0,4 кВ – сети от шин 0,4 кВ распределительных трансформаторных подстанций до вводных распределительных устройств (ВРУ) или главных распределительных щитов (ГРЩ) зданий и сооружений.

На вводе в здание или сооружение должны быть установлены вводно-распределительные устройства или главные распределительные щиты.

Ввода ВРУ и ГРЩ при питании электроприемников первой и второй категорий следует осуществлять от разных трансформаторных подстанций, присоединенных к независимым источникам питания. На секционном выключателе шин 0,4 кВ двухтрансформаторных ТП и на ВРУ должно быть предусмотрено устройство АВР. На ВРУ и ГРЩ на всех вводах питающих линий должны быть установлены аппараты защиты.

Для электроприемников второй категории рекомендуются к применению петлевые схемы на 0,38 кВ в сочетании с петлевыми схемами на стороне 10 кВ. При этом линии 0,38 кВ в петлевых схемах могут присоединяться к одной или разным ТП.

Для электроприемников третьей категории рекомендуется схема одиночной магистрали с односторонним питанием.

Распределительные сети 0,4 кВ должны выполняться с глухим заземлением нейтрали распределительных трансформаторов.

Применение устройств защитного отключения (УЗО) в электроустановках жилых и общественных зданиях позволяет обеспечить высокую степень защиты людей от пораже-

ния электрическим током при прямом и косвенном прикосновении и снизить пожарную опасность электроустановок.

**Задания:**

**Задание №1**

Заключается в просмотре и обсуждении презентаций по схемам электроснабжения городов, для чего необходимо выбрать и представить на обсуждение схему электроснабжения в соответствии с номером варианта, который выдается преподавателем.

вариант	Тип схемы и величина напряжения	Количество трансформаторных подстанций и жилых помещений
1	Петлевая, 10 кВ	10 ТП
2	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	7 жилых домов и школа
3	Кольцевая, 10 кВ	9 ТП
4	Комбинированная (петлевая и однолучевая), 10 кВ	8 ТП
5	Двухлучевая с односторонним питанием (двойная магистраль с односторонним питанием), 10 кВ	9 ТП
6	двухлучевая с двухсторонним питанием (двойная магистраль с двухсторонним питанием) 10 кВ	10 ТП
7	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	8 жилых домов, больница, детский сад/ясли
8	Петлевая, 0,4 кВ	10 жилых домов
9	Кольцевая, 10 кВ	7 ТП
10	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	4 жилых дома, школа и продовольственный магазин
11	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	Поликлиника, лицей и 7 жилых домов
12	Кольцевая, 10 кВ	12 ТП

## **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. Синюкова, Т. В. Проектирование систем электроснабжения : учебное пособие / Т. В. Синюкова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 49 с. — ISBN 978-5-00175-025-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106253.html>

#### **5.1.3 Перечень дополнительной литературы:**

1. Филиппова, Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник / Т. А. Филиппова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 294 с. — ISBN 978-5-7782-3589-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91282.html>

### **5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Схемные решения и принципы работы электроэнергетических установок».

2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Схемные решения и принципы работы электроэнергетических установок».

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

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

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

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 «СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»  
для студентов направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

## Содержание

### Введение

- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Схемные решения и принципы работы электроэнергетических установок»
- 2 План-график выполнения самостоятельной работы
- 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
- 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
- 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## 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 «Схемные решения и принципы работы электроэнергетических установок»**

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-б <sub>ПК-1</sub> Способен охарактеризовать электротехническое оборудование (типы, функциональное назначение) электроэнергетических систем	<p>Знает правила оформления конструкторской документации по ЕСКД, основные положения государственных и отраслевых стандартов по изображению и оформлению электроэнергетических схем, правила к оформлению и чтению электрических схем и чертежей. Принципы работы основного электроэнергетического оборудования.</p> <p>Умеет пользоваться библиотечными и Internet-ресурсами, нормативными документами и руководящими указаниями по разработке электрических схем; анализировать реальность работы электрических схем и возможные ошибки при их разработке, изучать отечественный и зарубежный опыт в области развития схемных решений в электроэнергетике; применять базовые знания в области естественнонаучных дисциплин к вопросам электроэнергетики.</p> <p>Владеет техникой чтения электроэнергетических схем и чертежей, схем управления и защиты основного электроэнергетического оборудования, навыками приведения электрических схем к удобному для чтения виду</p>

### 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
<b>Очная форма обучения</b>					
<b>3 семестр</b>					
ПК-1 ИД-6ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-9	Собеседование	87,075	9,675	96,75
	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,025	0,225	2,25
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	8,1	0,9	9
<b>Итого за 3 семестр:</b>			<b>97,2</b>	<b>10,8</b>	<b>108</b>
<b>Итого:</b>			<b>97,2</b>	<b>10,8</b>	<b>108</b>
<b>Заочная форма обучения</b>					
<b>3 семестр</b>					
ПК-1 ИД-6ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-9	Собеседование	120,96	13,44	134,4
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	1,44	0,16	1,6
<b>Итого за 3 семестр:</b>			<b>122,4</b>	<b>13,6</b>	<b>136</b>
<b>Итого:</b>			<b>122,4</b>	<b>13,6</b>	<b>136</b>

### Контрольные точки и виды отчетности по ним

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

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	<b>100</b>
Хороший	<b>80</b>
Удовлетворительный	<b>60</b>
Неудовлетворительный	<b>0</b>

### **Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций**

#### **Вопросы для собеседования**

1. Принцип действия силовых трансформаторов, получивших распространение на объектах электроэнергетики
2. Основные режимы работы трансформатора электроэнергетических объектов?
3. Назначение масла в силовом трансформаторе
4. Трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы на объектах электроэнергетики
5. Принцип действия синхронных машин и области применения в электроэнергетике
6. Принцип действия асинхронных машин и их основное применение
7. Принцип действия машин постоянного тока и их назначение
8. Составные части электрооборудования распределительных устройств высокого и низкого напряжения главных понизительных подстанций
9. Составные элементы оборудования распределительных устройств трансформаторных подстанции промышленных предприятий и селитебных территорий городов.
10. Условные графические обозначения на электрических схемах
11. Условно-графические обозначения элементов электрических схем
12. Буквенные и графические обозначения отдельных элементов схем электрических соединений и их размеры в принципиальных схемах, а также изображения этих элементов в масштабе на плане и разрезе подстанции, приведены типовые схемы отдельных подстанций
13. Буквенные и графические обозначения отдельных элементов схем электрических соединений в нормальных схемах, а также цветовое исполнение классов напряжения с примером выполнения схемы.
14. Условные графические изображения электрооборудования на планах объектов электроэнергетики.
15. Условные графические изображения электрооборудования на планах промышленных предприятий.

16. Условные графические изображения электрооборудования на планах селитебных территорий городов.
17. Правила выполнения и условные обозначения (УГО) на нормальных электрических схемах
18. Цветовое исполнение классов напряжения на электрических схемах и цветовое исполнение классов генераторного напряжения
19. Требования к выполнению надписей на нормальных электрических схемах
20. Схемные решения элементов электроснабжения промышленных предприятий и их конструктивное исполнение
21. Схемные решения элементов электроснабжения селитебных территорий городов и их конструктивное исполнение
22. Схемные решения сети внешнего электроснабжения районов
23. Типовые схемные решения питающих и распределительных электрических сетей. Воздушные и кабельные линии.
24. Схемы электрического освещения. Осветительные сети питания рабочего и аварийного освещения, групповых сетей
25. Классификация электрических схем
26. Различие схемных решений при проектировании схем электроснабжения промышленных предприятий и селитебных территорий городов, схемных решений релейной защиты и автоматики, схем сети внешнего электроснабжения районов

### **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. Развернутый 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.

## ***Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины***

### ***Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины***

#### ***Перечень основной литературы:***

1. Синюкова, Т. В. Проектирование систем электроснабжения : учебное пособие / Т. В. Синюкова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 49 с. — ISBN 978-5-00175-025-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106253.html>

#### ***Перечень дополнительной литературы:***

1. Филиппова, Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник / Т. А. Филиппова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 294 с. — ISBN 978-5-7782-3589-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91282.html>

### ***Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине***

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Схемные решения и принципы работы электроэнергетических установок».

2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Схемные решения и принципы работы электроэнергетических установок».

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

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

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