

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 23.08.2023 17:27:56
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

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

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИ-
ЧЕСКИХ УСТАНОВОК»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель 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	

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

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
3 семестр			
1	Практическая работа №1. Условные графические обозначения на электрических схемах. Заключается в ознакомлении с основными условными графическими обозначениями на электрических схемах.	3	
2	Практическая работа №2. Нормативные документы и стандарты по оформлению электроэнергетических схем. Изучение основной нормативно-технической документации, действующей в системе электроэнергетики.	3	
3	Практическая работа №3. Изучение видов электрических схем. Изучение принципиальных электрических схем.	3	
4	Практическая работа №4. Изучение основного электрооборудования подстанции.	3	

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

5	Практическая работа №5. Изучение схем комплектных трансформаторных подстанции. Изучение схем и основных заводов изготовителей комплектных трансформаторных подстанций.	3	
6	Практическая работа №6. Изучение схем комплектных распределительных устройств. Изучение схем ячеек КРУ и КСО.	3	
7	Практическая работа №7. Изучение электротехнических изделий и электрооборудования. Заключается в ознакомлении с основными разработчиками электротехнических изделий и электрооборудования.	3	
8	Практическая работа №8. Схемы электропитания промышленных предприятий. Заключается в ознакомлении с основными схемами электропитания промышленных предприятий.	3	
9	Практическая работа №9. Схемы электропитания городской электрической сети. Ознакомиться с сетями электропитания сельских территорий городов.	3	
	Итого за 3 семестр:	27	
	Итого:	27	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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.

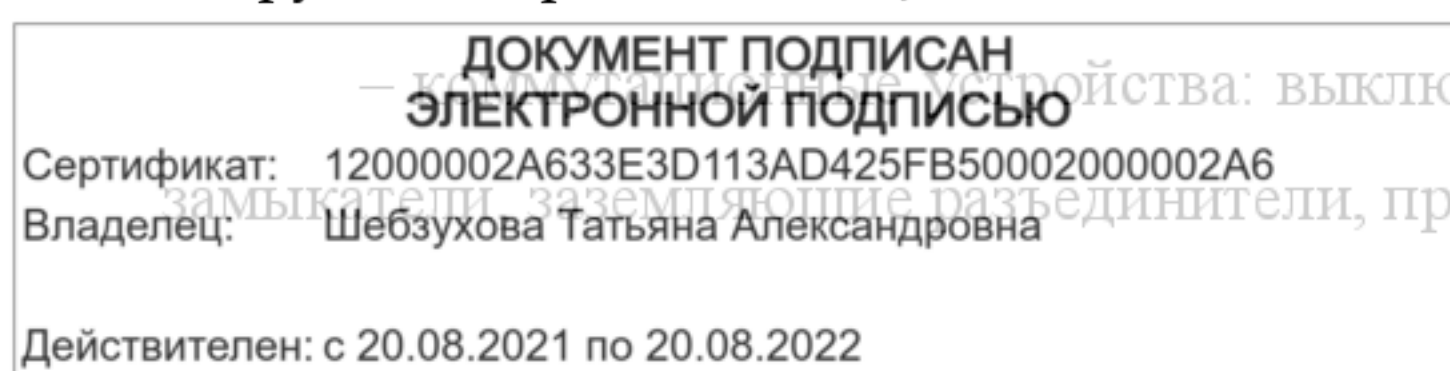
Электрическая цепь – это соединенные друг с другом источник электрической энергии и нагрузка, по которым протекает электрический ток. Графическое изображение электрической цепи с помощью условных знаков называют электрической схемой.

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 ними:

- 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 дутогасящие, 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;



– 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.

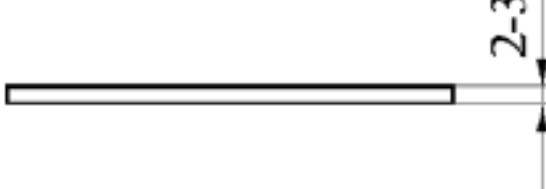
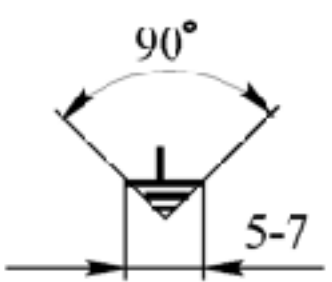
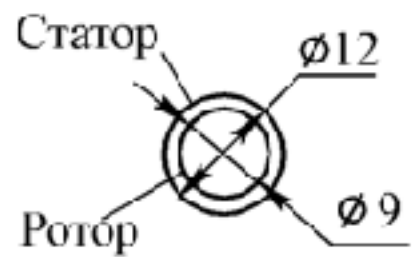
2) Взаимное расположение распределительных устройств высшего и среднего классов напряжения на схеме, как правило, должно соответствовать их действительному размещению на объекте электроэнергетики (согласно виду сверху).

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.

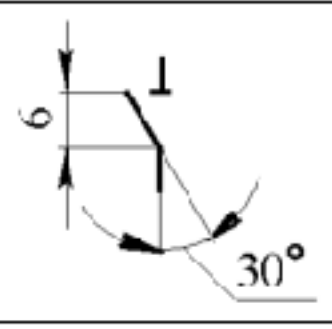
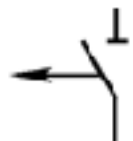
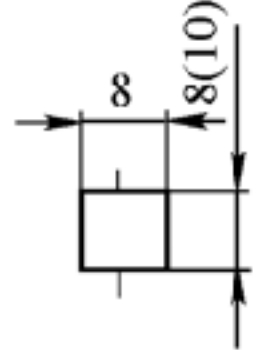
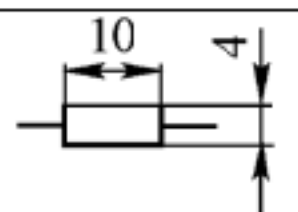
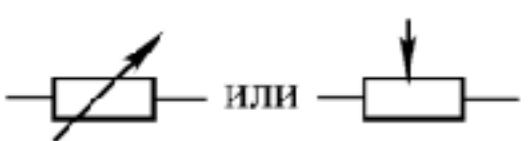
Наименование	Буквенные обозначения	Графические обозначения и размеры
1	2	3
Линия электрической связи или провод, общее обозначение	W	
Линия электропередачи постоянного тока	W	
Кабельная линия электропередачи	W	
Шина, общее обозначение		
Отводы (отпайки от шин)		
Заземление		
Машина электрическая:		
а) общее обозначение (внутри окружности можно указать род машины, род тока, число фаз или вид соединения обмоток)	G	

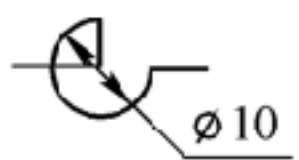
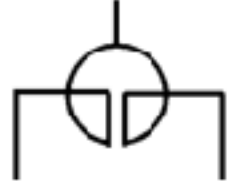
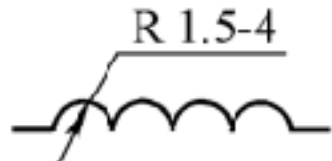
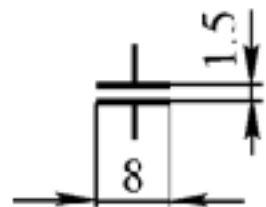
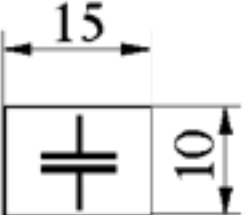
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

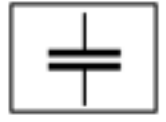
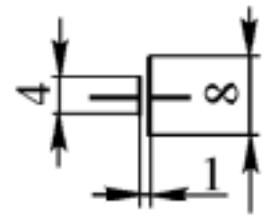
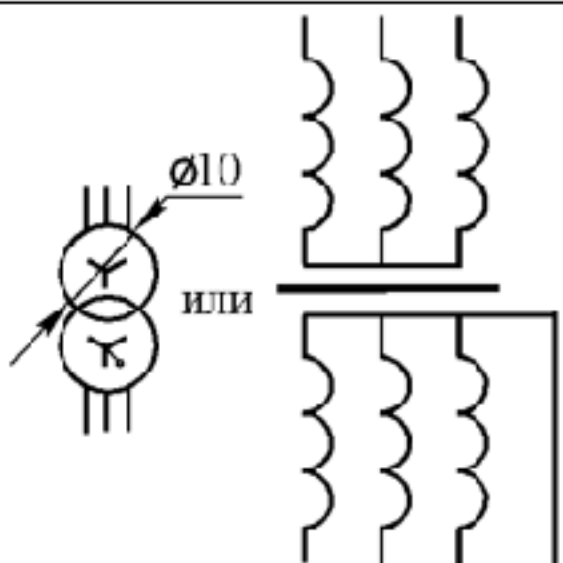
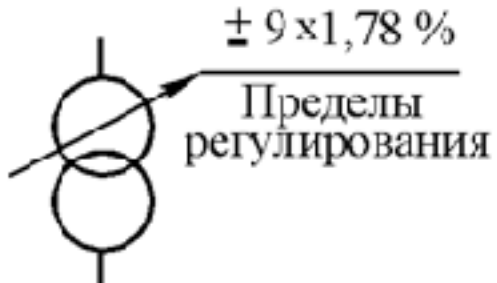
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

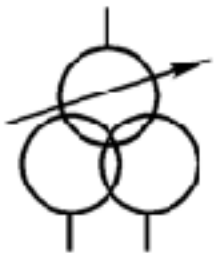
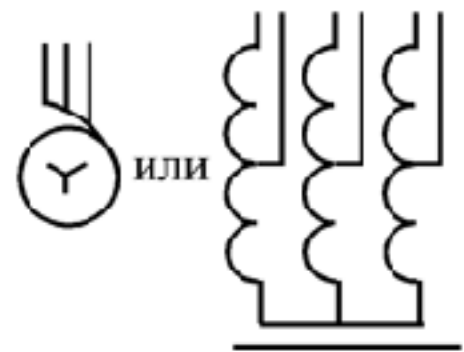
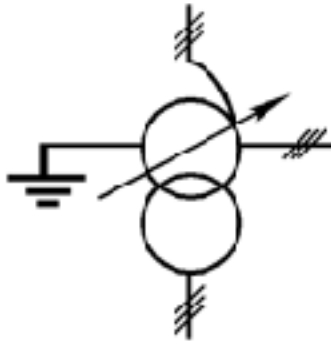
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

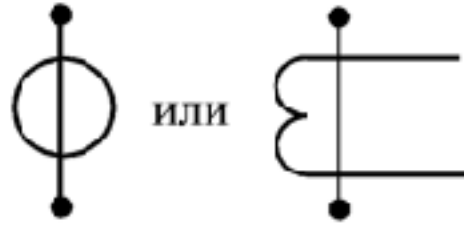
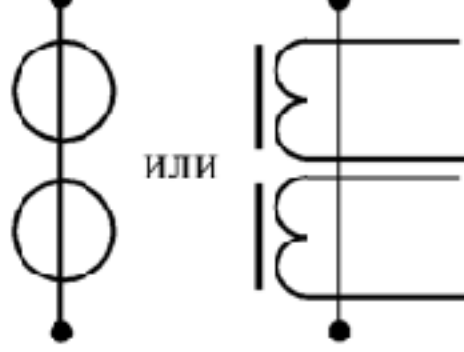
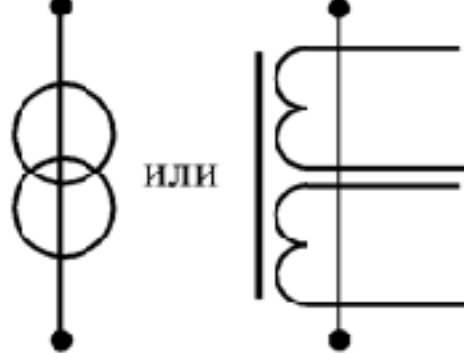
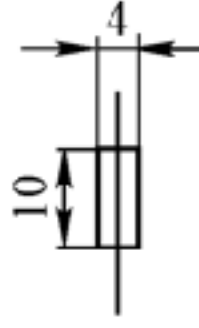
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

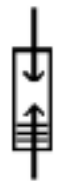
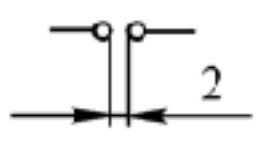
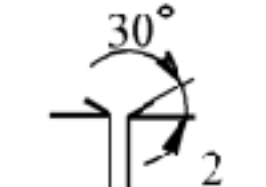
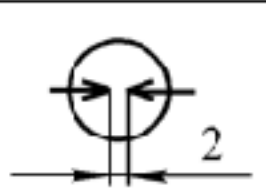
1	2	3
б) трехфазный генератор переменного тока	GA	
в) двигатель с соединением обмоток в "звезду"	M	
Разъединитель		
а) общее обозначение	QS	
б) заземляющий	QSG	
Выключатель-разъединитель (выключатель нагрузки)	QW	
Короткозамыкатель	QN	
Отделитель		
а) одностороннего действия	QR	
б) двустороннего действия	QR	
Выключатель мощности ВН		
а) отключен	QF	
б) включен	QF	
Резистор:		
а) постоянный	RG	
б) переменный	R	

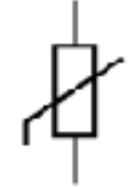
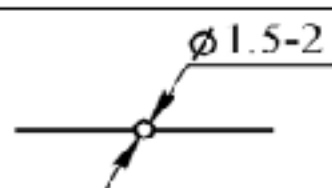
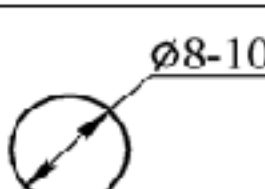
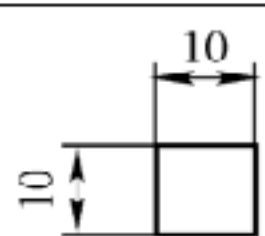
1	2	3
Реактор		
а) общее обозначение	LR	
б) сдвоенный реактор	LR	
Катушка индуктивности (реактивное сопротивление), дроссель без сердечника	L	
Дроссель с ферромагнитным сердечником	L	
Конденсатор:		
а) постоянной емкости, общее обозначение	C	
б) переменной емкости	C	
в) батарея конденсаторов	CB	

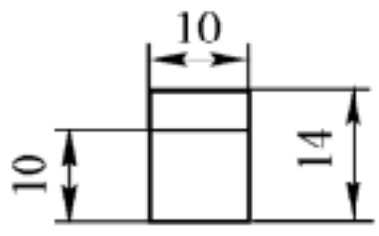
1	2	3
г) зарядный конденсаторный блок	CG	
Аккумуляторная батарея	G	
Трансформатор трехфазный а) двухобмоточный (соединение обмоток в звезду с заземлением нейтрали)	T	
б) двухобмоточный (однотипное исполнение), с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН)	T	

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

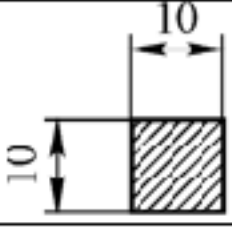
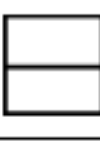
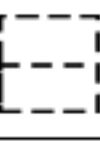
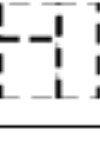
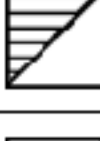
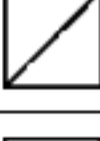
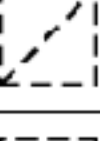
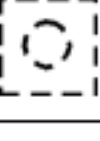
1	2	3
Трансформатор тока:		
а) с одной вторичной обмоткой	TA	
б) с двумя вторичными обмотками и с двумя сердечниками	TA	
в) с одним сердечником и двумя вторичными обмотками	TA	
Предохранитель:		
а) плавкий	FV	

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

1	2	3
Ограничитель перенапряжений Контактное соединение	FV	
а) разборное		
б) неразборное		
в) разъемное		
Прибор измерительный		
а) показывающий	РА	
б) регистрирующий	Λ	

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

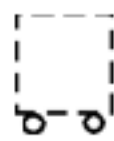
Наименование объекта	Обозначение объекта		
	Существующего	Проектируемого	Намечаемого
1	2	3	4
Электростанция			
а) общее обозначение			
б) тепловая			
в) тепловая с выдачей тепловой энергии потребителю			
г) гидравлическая			
д) атомная			
Подстанция			
а) общее обозначение			
б) тяговая			
в) выпрямительная			

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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			

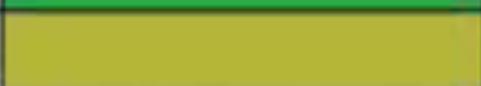
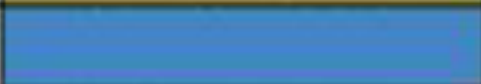
**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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 собствен-

ных нужд)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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).

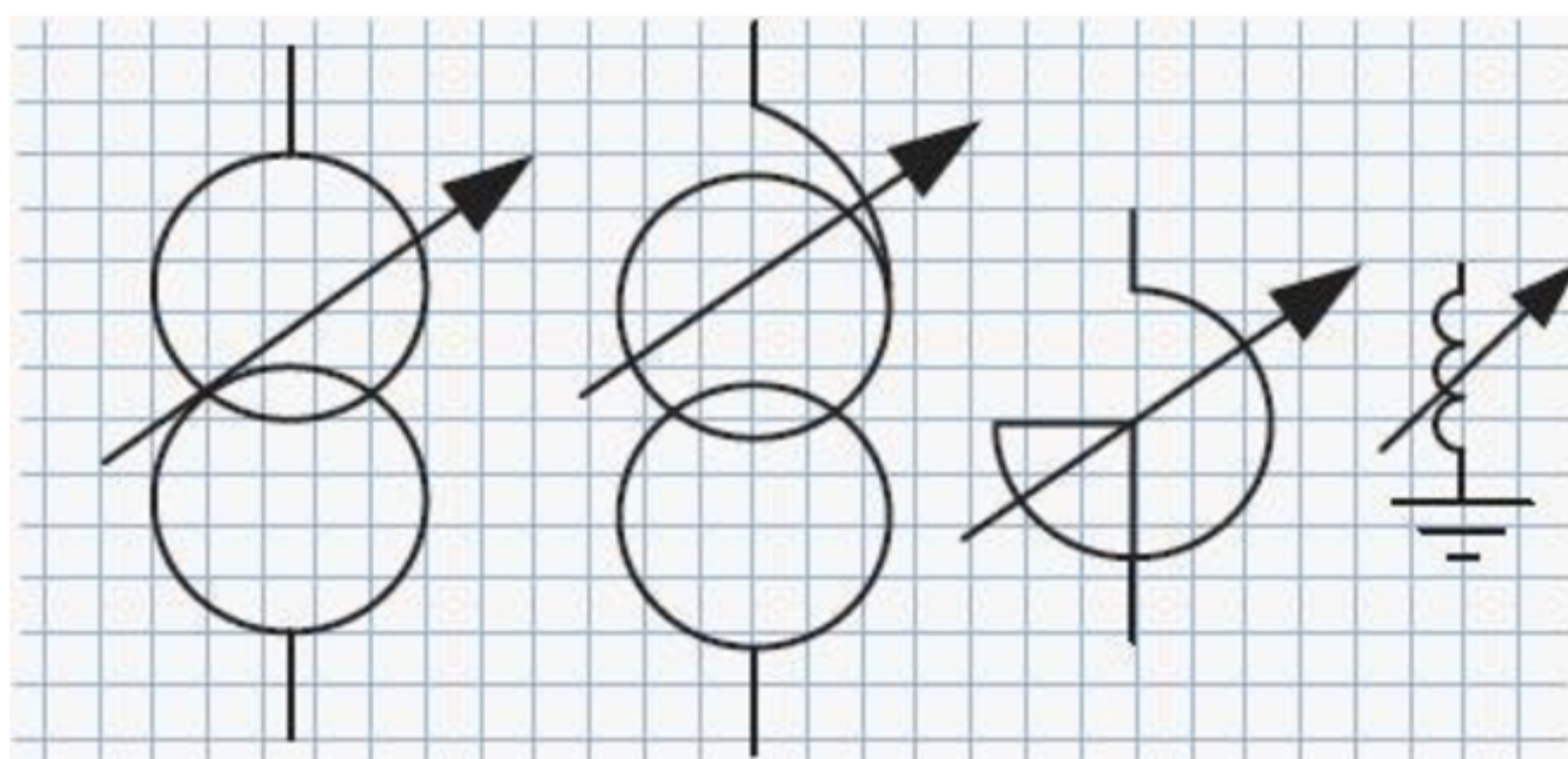


Рисунок 1

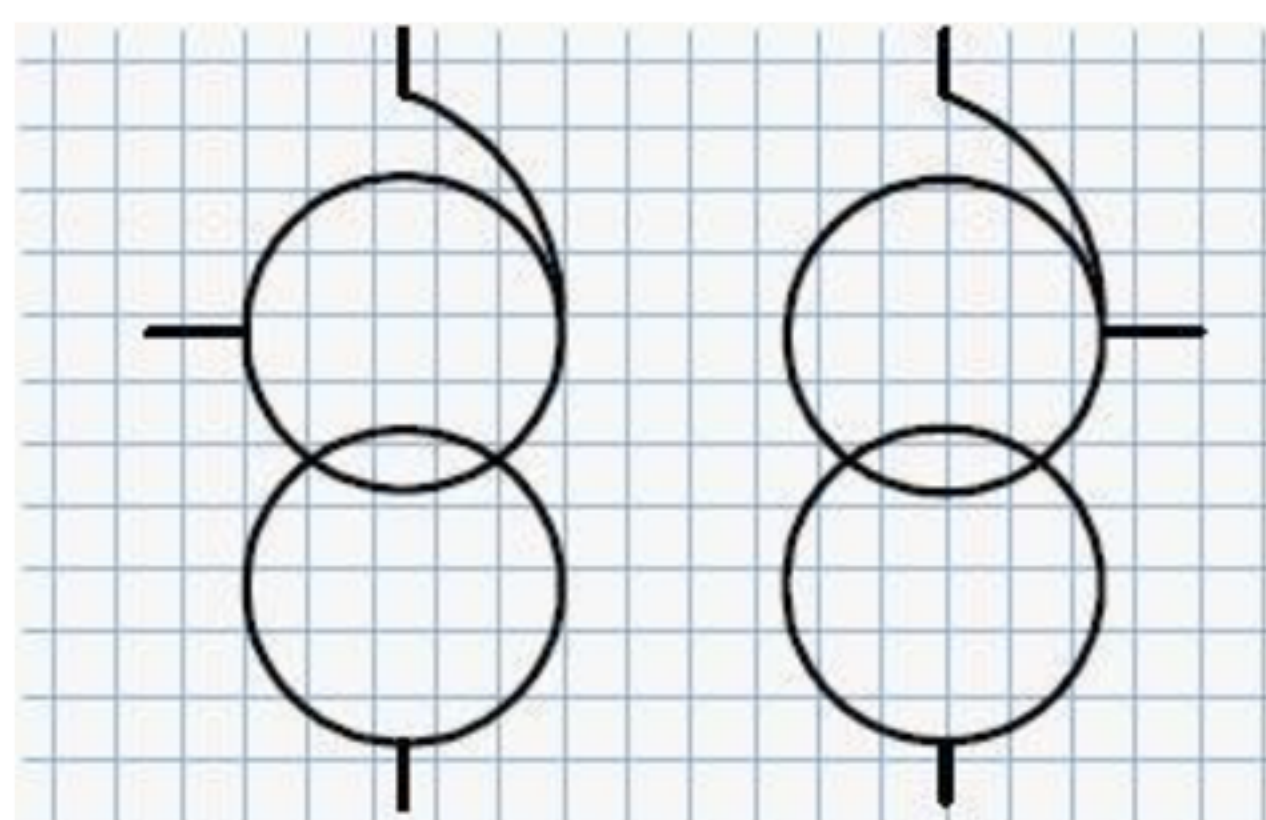
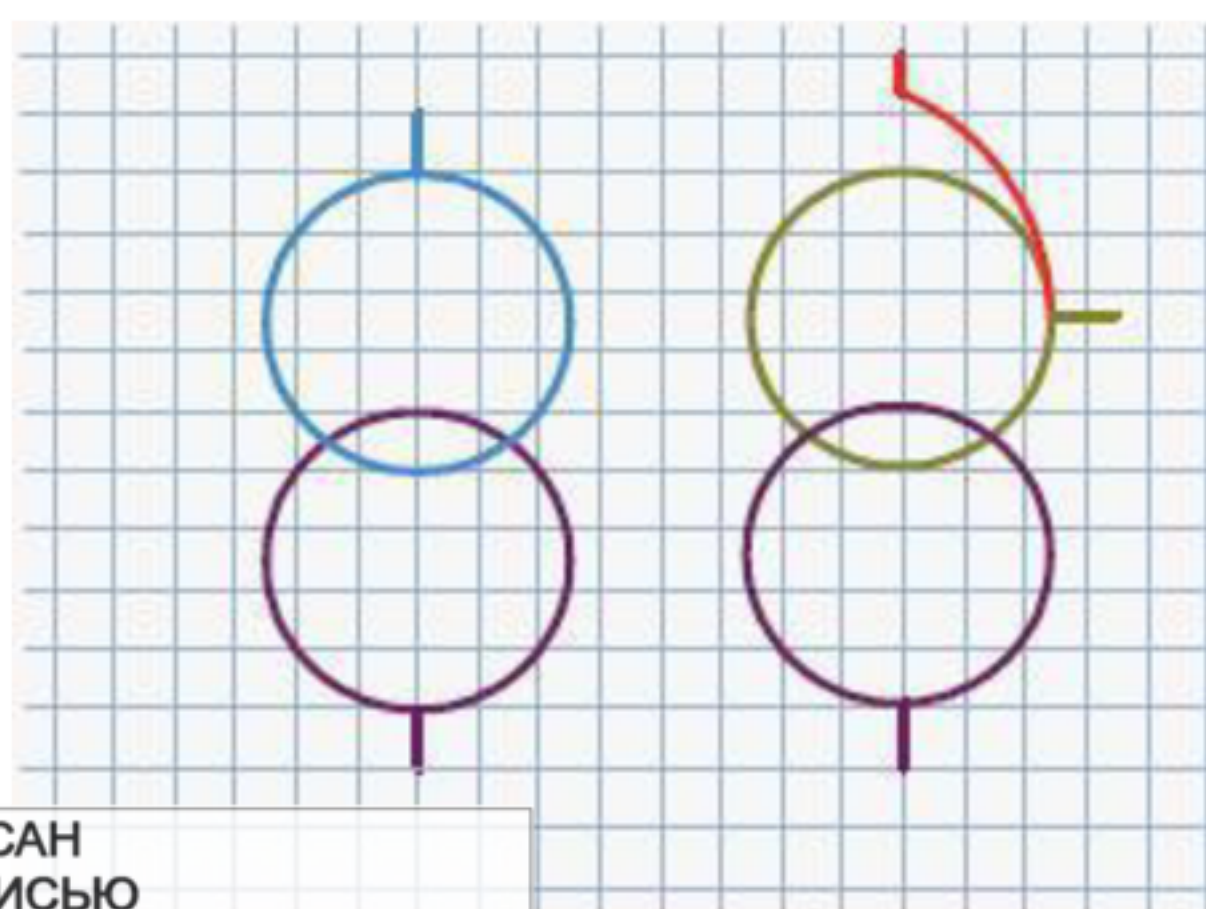


Рисунок 2

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)



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

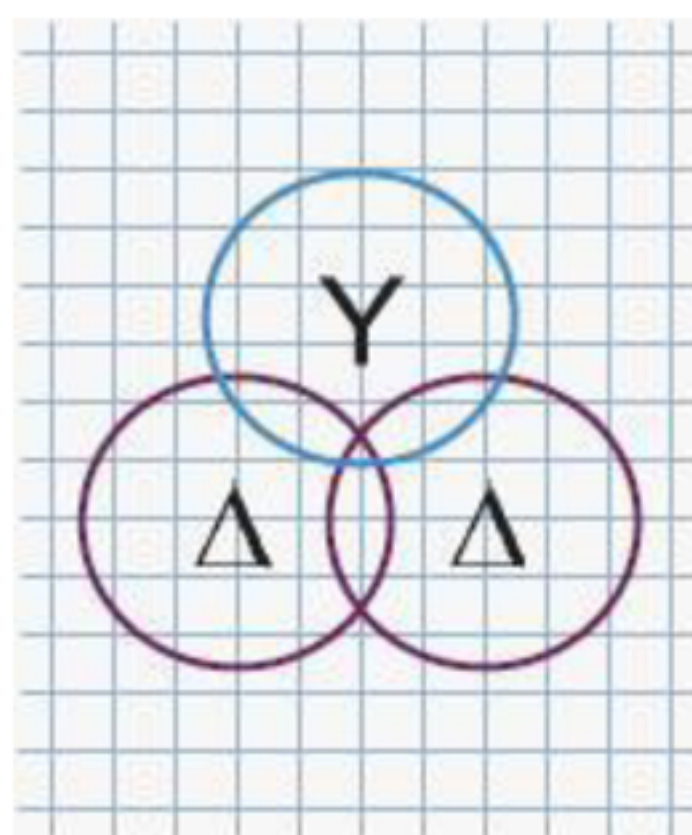


Рисунок 4

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

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

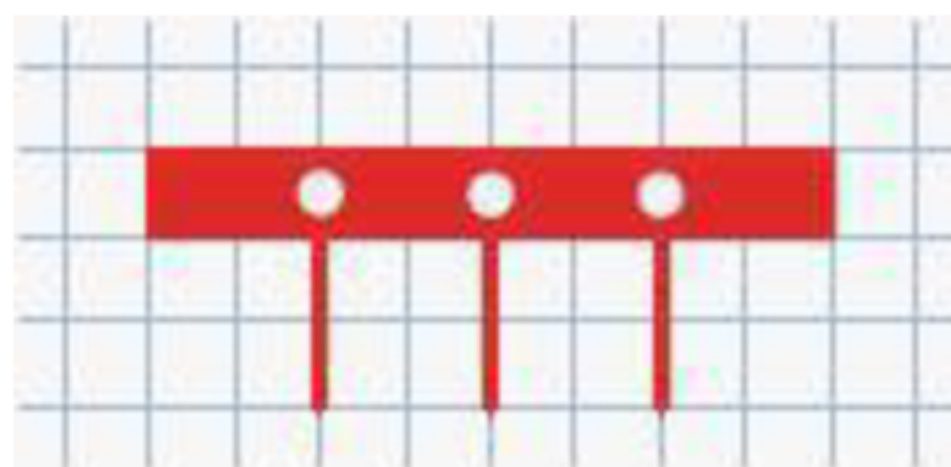


Рисунок 5

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 ыключен Разъединитель включен

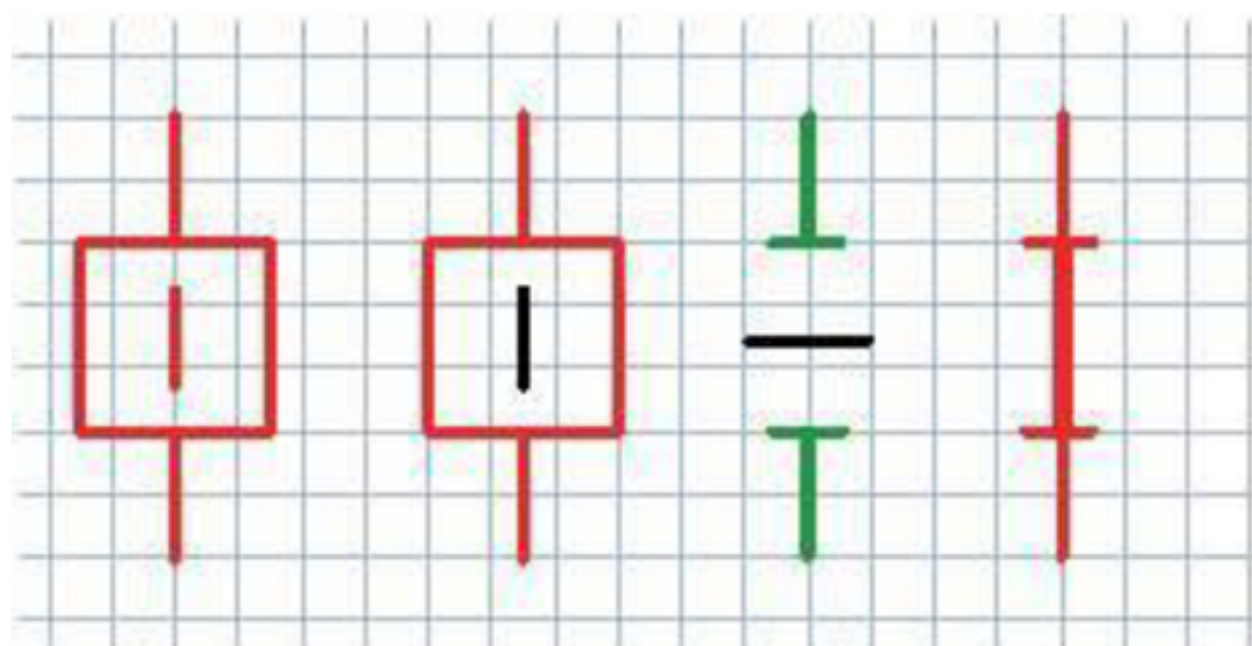


Рисунок 6

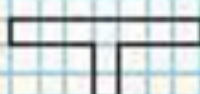
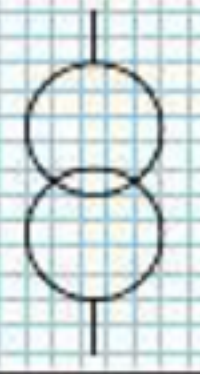
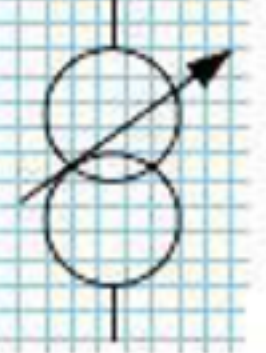
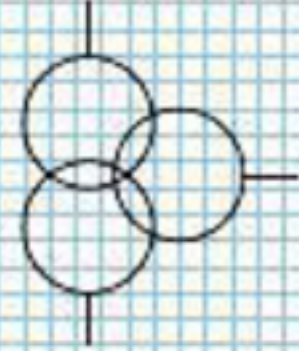
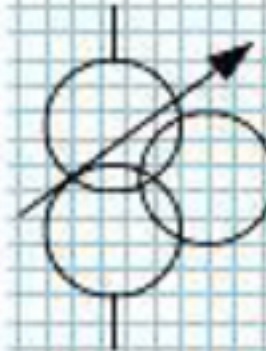
1. На схемах должны быть указаны диспетчерские наименования всего оборудования, УГО которого изображены на схеме, а также всех ЛЭП, отходящих от объекта электроэнергетики.

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		

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

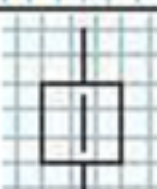
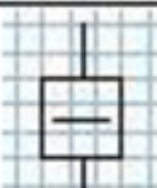
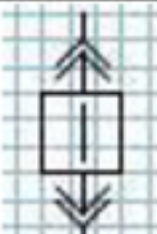
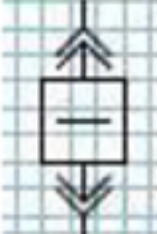
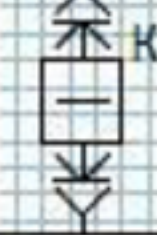
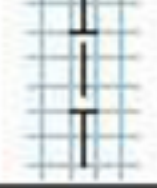
Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
10 Трансформатор двухобмоточный с расщепленной вторичной обмоткой		
11 Трансформатор двухобмоточный с расщепленной вторичной обмоткой и со ступенчатым регулированием		
12 Автотрансформатор		
13 Автотрансформатор со ступенчатым регулированием		
14 Автотрансформатор 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		

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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)		

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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: аппаратов коммутационных аппаратов, обмоток трансформаторов. Найти

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

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

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. Владелец 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. Общие требования к графическому исполнению.

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

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 проводов 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 того, руководствуются указаниями и материалами:

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

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.

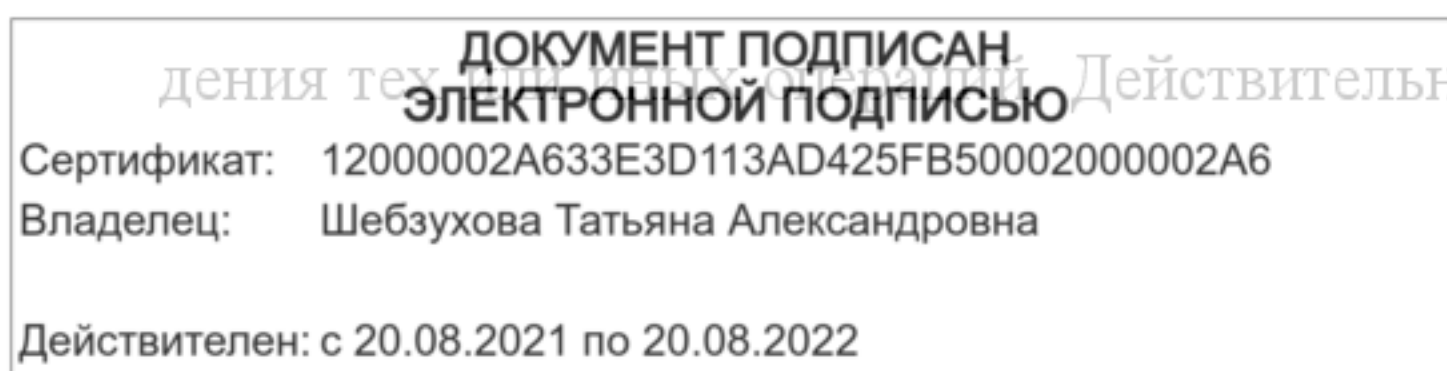
Оперативная схема отражает действительное состояние оборудования подстанции на каждый текущий момент времени.

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 прове-

дения тех. доп. работ. Действительные положения коммутационных аппаратов и



различных устройств на оперативной схеме отражаются нанесением условных знаков рядом с символами аппаратов или устройств.

Задания:

Задание №1

Определить на схеме рисунков 1 и 2 основные элементы сети и обозначить их назначение

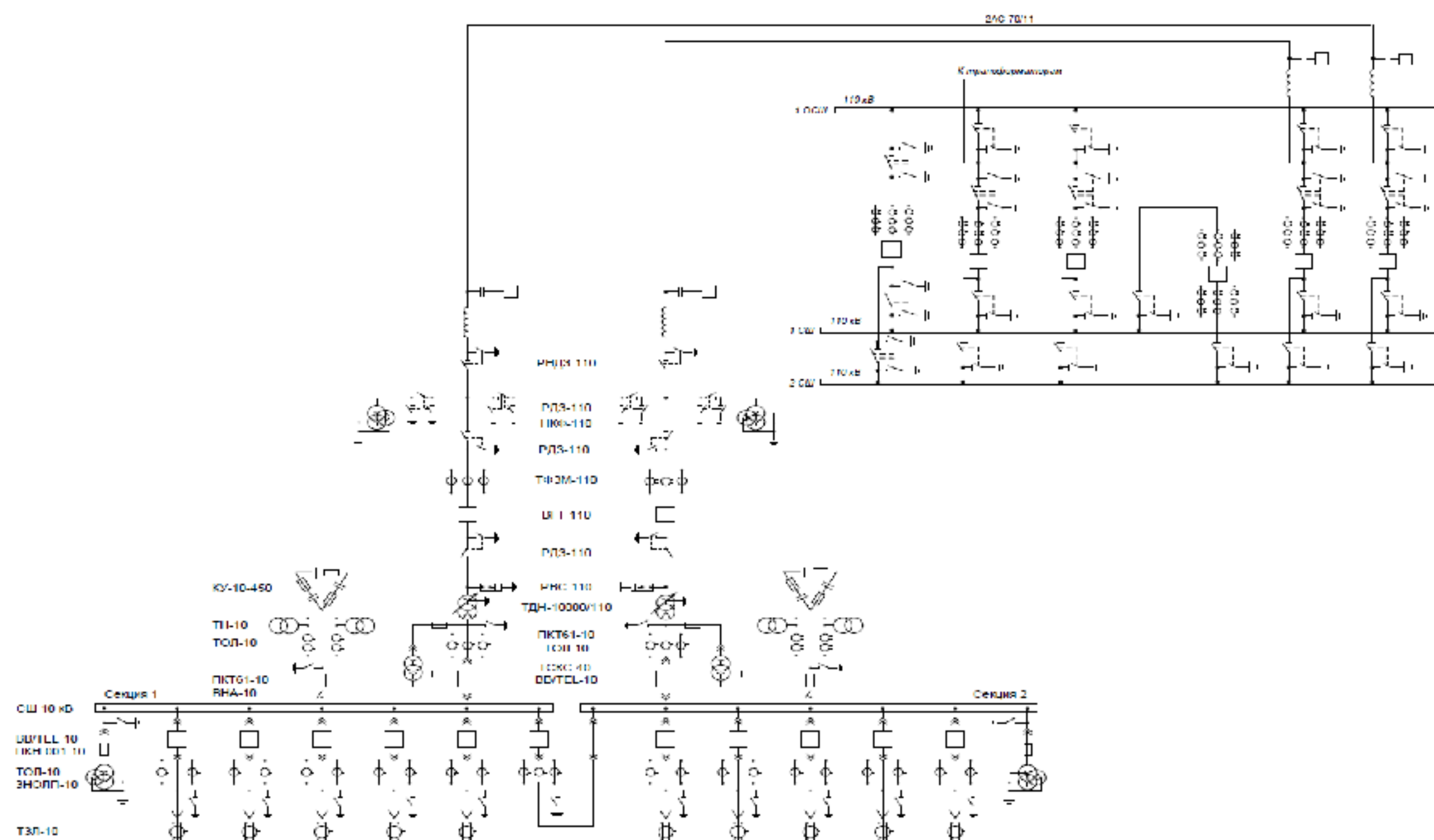
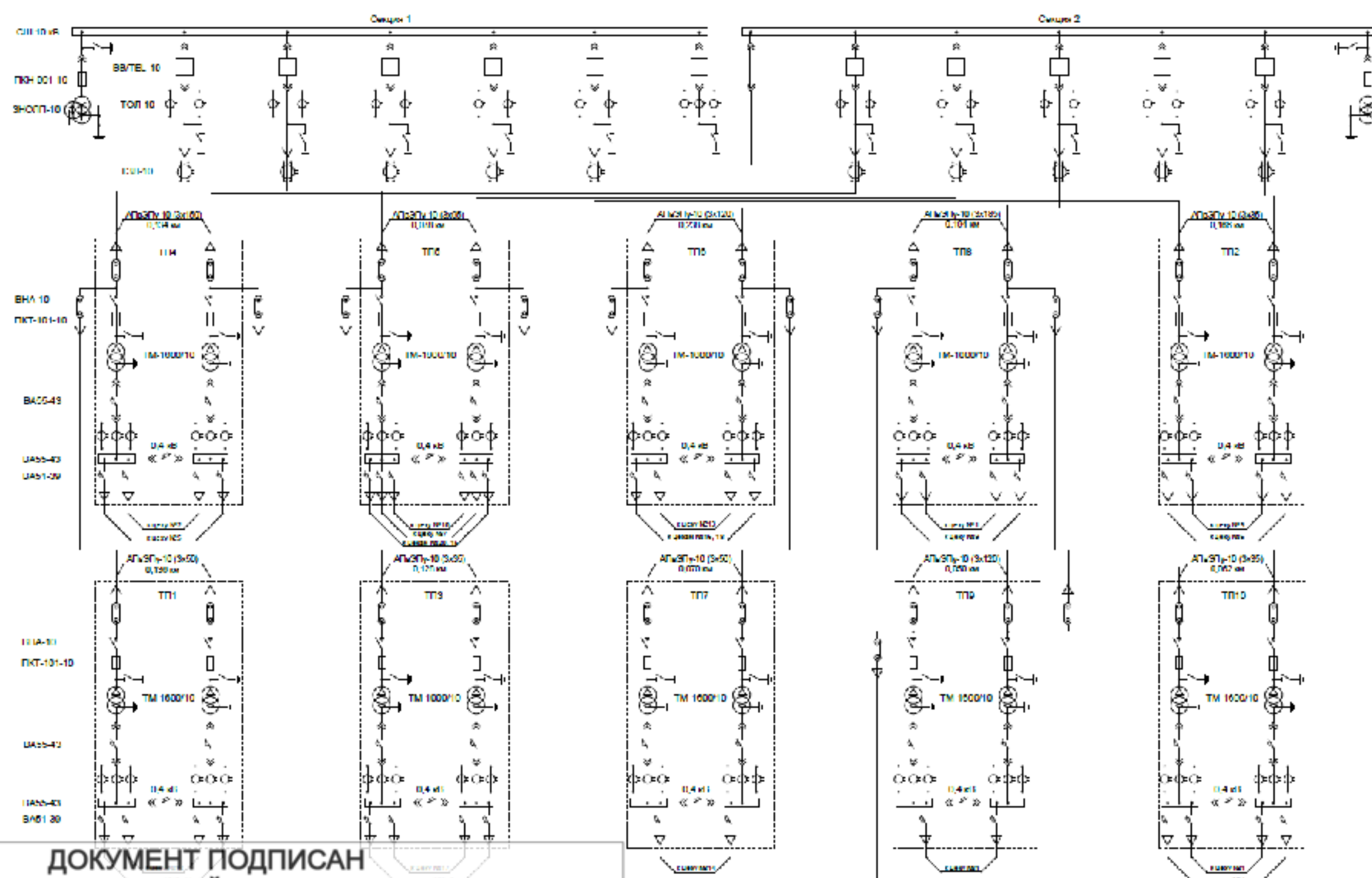


Рисунок 1 – Однолинейная схема главной понизительной подстанции КТПБ-110/10



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

Рисунок 2 – Однолинейная принципиальная схема электроснабжения 10кВ предприятия

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

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 здание 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 площадке. 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 фотографии 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 применится 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 шкафом 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 числам 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.

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

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

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



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 с ледую-

Документ подписан
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- 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.

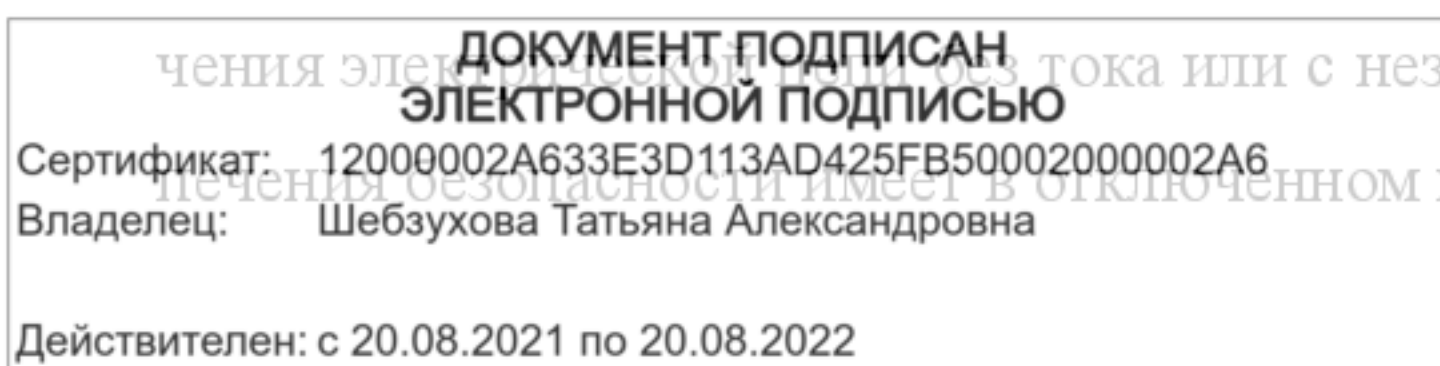
Основные конструктивные элементы выключателей: контакты, дугогасительное устройство, токоведущие части, корпус, изоляционная конструкция, приводной механизм.

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 SF₆, 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 с током 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

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВВОД - ВОЗДУШНЫЙ ИЛИ КАБЕЛЬНЫЙ, ОТВОДЫ ОТХО-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022