

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Электроэнергетические системы»

## Отчёт

по учебной практике №2  
(16.05.2022-29.06.2022)

Место прохождения практики

Филиал «Кировэнерго» ПАО «МРСК Центра и Приволжья», Нововятский РЭС

Индивидуальное  
задание:

Защита от перенапряжений в электрических сетях, применяемые методы и средства, их принцип действия, конструкции и размещение на подстанции и на ВЛ. Конструктивное исполнение, достоинства и недостатки вакуумных выключателей.

Разработал студент  
гр.ЭиЭб-XXXX-XX-XX

\_\_\_\_\_ /подпись/

Корнилов К.А.

\_\_\_\_\_ /инициалы, фамилия/

\_\_\_\_\_ /дата/

Проверил

\_\_\_\_\_ /подпись/

Соловьева А.С.

\_\_\_\_\_ /инициалы, фамилия/

\_\_\_\_\_ /дата/

Оценка по практике

\_\_\_\_\_

Киров, 2022

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИКУ**

Ф.И.О. обучающегося Корнилов Константин Андреевич  
Институт/факультет Электротехнический факультет  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность 02 Электроэнергетические системы и сети  
Вид практики Учебная № 2  
Сроки прохождения практики с 16.05.2022 по 29.05.2022  
Место прохождения практики Филиал ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Кировэнерго»,  
Нововятский РЭС  
Руководитель практики от университета Соловьева А.С., старший преподаватель кафедры ЭЭС  
(Ф.И.О. и должность руководителя)

Номер п/п	Перечень заданий, которые подлежат выполнению в ходе практики	Сроки выполнения
1	Пройти инструктаж по ознакомлению с правилами внутреннего трудового распорядка, охраны труда, техники безопасности, противопожарной безопасности, санитарно-эпидемиологическими правилами и гигиеническими нормативами, вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте	16.05.2022
Раздел 1 «Изучение основного электротехнического оборудования, правил его эксплуатации, наладки, монтажа»		17.05.2022-20.05.2022
1	Изучение основного электротехнического оборудования, правил его эксплуатации, наладки, монтажа. Контактная внеаудиторная работа	
Раздел 2 «Ознакомление с вопросами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования»		21.05.2022-23.05.2022
1	Ознакомление с вопросами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования. Контактная внеаудиторная работа	
Раздел 3 «Выполнение индивидуального задания»		
1	<b>Выполнение индивидуального задания на тему: <u>Защита от перенапряжений в электрических сетях, применяемые методы и средства, их принцип действия, конструкции и размещение на подстанции и на ВЛ. Конструктивное исполнение, достоинства и недостатки вакуумных выключателей.</u></b>	24.05.2022-27.05.2022
2	Контактная внеаудиторная работа	
Раздел 4 «Подготовка и прохождение промежуточной аттестации»		
1	Подготовка отчета по практике, загрузка в систему Moodle	до 27.05.2022
2	Сдача отчета по практике	28.05.2022

Индивидуальное задание на практику разработано в соответствии с рабочей программой практики.

Руководитель практики от университета 10.05.2022 Дата Соловьева А.С. Подпись Соловьева А.С. Ф.И.О.

С индивидуальным заданием ознакомлен(а) 10.05.2022 Дата, подпись обучающегося

Руководитель практики от организации назначен приказом (распоряжением) № 7/2 от 12.05.2022 Номер и дата распорядительного акта профильной организации

Индивидуальное задание выполняемое обучающимся в период практики, согласую.

Руководитель практики от профильной организации 10.05.2022 Дата Соловьева А.С. Подпись Соловьева А.С. М.П. Соловьева А.С. Ф.И.О.



### **1.1 Место прохождения практики**

Филиал ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Кировэнерго»,  
Нововятский РЭС

### **1.2 Структурное подразделение, где проходила практика**

Нововятский РЭС, оперативно-выездная бригада

### **1.3 Описание рабочего места**

Рабочее место оборудовано всей необходимой оргтехникой. Был предоставлен доступ к схемам и технической документации.

### **1.4 Описание функциональных обязанностей**

Подбор учебной и научной литературы, выполнение индивидуального задания на практику, написание отчета по практике.

## Содержание

Введение.....	3
1 Защита от перенапряжений в электрических сетях, применяемые методы и средства, их принцип действия, конструкции и размещение на подстанции и на ВЛ.....	4
1.1 Общая характеристика средств защиты от перенапряжений.....	4
1.2 Средства защиты от перенапряжений.....	4
1.3 Шунтирующие реакторы.....	10
1.4 Дугогасящие реакторы.....	11
1.5 Размещение на подстанции и на ВЛ средств защиты от перенапряжений.....	11
2 Конструктивное исполнение, достоинства и недостатки вакуумных выключателей.....	14
2.1 Конструкция вакуумных выключателей.....	14
Заключение.....	22
Библиографический список.....	23

					<h1 style="margin: 0;">ТПЖА.566722. ПЗ</h1>						
Изм.	Лист	№ докум	Подпи	Да	<h2 style="margin: 0;">Отчет по учебной практике №2</h2>						
м.	т	Корнилов	сь	та							
Разрабо	т	Соловьева									
Проведе	н										
Контр.					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Лит</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Лист</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Листов</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">23</td> </tr> </table>	Лит	Лист	Листов		2	23
Лит	Лист	Листов									
	2	23									
Утверди					ВятГУ, кафедра ЭЭС						

## Введение

Цель учебной практики – закрепление полученных знаний по изученным дисциплинам, ознакомление с характером и особенностями их будущей специальности. В частности, углубление теоретических знаний, приобретение первичных практических навыков самостоятельной работы, в том числе при непосредственном знакомстве с деятельностью функционирующих организаций.

По дп ис ь и да т а							<i>Лист</i>
Ин в. № ду бл.							
Вз ам · ин в. №							
По дп ис ь и да т а							
Ин в. № по дл.							
		<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	

1 Защита от перенапряжений в электрических сетях, применяемые методы и средства, их принцип действия, конструкции и размещение на подстанции и на ВЛ

### 1.1 Общая характеристика средств защиты от перенапряжений

Общее назначение мер защиты от перенапряжений состоит в том, чтобы при минимальных дополнительных затратах получить максимальный экономический эффект от снижения ущерба, вызванного перенапряжениями, и от повышения надежности работы энергосистем.

Превентивные меры защиты оказывают постоянное влияние на сеть. Их назначение - предотвратить возникновение перенапряжений или способствовать ограничению их величины. Благоприятное действие превентивных мер защиты проявляется на протяжении всего переходного процесса. К таким мерам можно отнести, в частности, применение выключателей, работа которых не вызывает появления больших перенапряжений (например, выключателей без опасных повторных зажигания дуги между контактами и с шунтирующими сопротивлениями), грозозащитных тросов, заземление опор на линии электропередачи, емкостную защиту изоляции обмоток трансформаторов и реакторов, заземление нейтрали трансформаторов через дугогасящие катушки.

Коммутационные средства защиты от перенапряжений, как правило, содержат в себе коммутирующие элементы, например, искровые промежутки. Они срабатывают, когда перенапряжение в точке их установки превысит некоторую критическую величину. К коммутационным средствам защиты относятся вентильные разрядники и ОПН (а в старых сетях - трубчатые разрядники и защитные искровые промежутки), а также шунтирующие реакторы с искровым присоединением. К коммутационным средствам защиты можно отнести также и нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН). В ОПН отсутствуют искровые промежутки, и высоколинейные резисторы подключены к сети постоянно. Однако при повышении напряжения на ОПН сверх наибольшего рабочего резко уменьшается их сопротивление, что эффективно снижает воздействующие перенапряжения.

Для защиты оборудования от прямых ударов молнии применяют стержневые молниеотводы на подстанциях и грозозащитные тросы на линиях. Уменьшение вероятности опасных грозовых перенапряжений при ударах молнии в молниеотводы и другие заземляющие элементы линий и подстанций достигается соединением их с землей при обеспечении достаточно малого импульсного сопротивления заземления. Защита изоляции от волн, набегающих по линиям электропередачи, осуществляется с помощью вентильных и трубчатых разрядников или нелинейных ограничителей перенапряжений.

### 1.2 Средства защиты от перенапряжений

В сетях 6...35 кВ уровни изоляции обеспечивают, как правило, достаточно высокую надежность работы сети при воздействии подавляющего большинства внутренних перенапряжений. Главное внимание уделяют мерам грозозащиты. Основным мероприятием, направленным на повышение грозоупорности этих сетей, является режим изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтрали. Резервной мерой, направленной на устранение последствий междуфазных перекрытий и перекрытий нескольких фаз на землю, является АПВ.

Сети 110...220 кВ, согласно ПУЭ, также не требуют установки специальных устройств для защиты от внутренних перенапряжений, за исключением особо неблагоприятных схем. Для грозозащиты применяют: тросы и заземления опор на линиях, молниеотводы, разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) на подстанциях и

По дп ис ь и да та
Ин в. № ду бл.
Вз ам · ин в. №
По дп ис ь и да та
Ин в. № по дл.

									Лист
									4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

усиленную защиту подходов ВЛ к подстанциям. Отдельные точки линии (пересечения, опоры с ослабленной изоляцией и т. п.) защищают разрядниками или ОПН.

Сети 330 кВ и выше имеют меньшие коэффициенты запаса электрической прочности изоляции. В них необходимо применять комплекс мер для защиты, как от грозových, так и от внутренних перенапряжений. В отечественных сетях применяется глухое заземление нейтрали, шунтирующие реакторы на линиях для снижения вынужденной составляющей перенапряжений, электромагнитные трансформаторы напряжения на линии для снятия остаточного заряда во время бестоковой паузы АПВ, вентильные разрядники или ОПН с характеристиками, позволяющими эффективно ограничивать как коммутационные, так и гроззовые перенапряжения, молниеотводы и грозозащитное заземление.

Помимо перечисленных мероприятий, в ряде случаев применяют выключатели с шунтирующими сопротивлениями (в том числе многоступенчатого действия) и автоматический выбор фазы замыкания контактов выключателя (т. н. "синхронное включение"). Для повышения надежности грозозащиты линий ультравысокого напряжения используются тросы с отрицательными углами защиты.

Наиболее старым, простым и дешевым устройством защиты от перенапряжений первоначально являлись искровые промежутки. В сетях 3...35 кВ искровой промежуток обычно выполнялся в виде "рогов". При такой форме электродов электродинамические силы и тепловые потоки воздуха перемещают возникшую после перекрытия дугу вверх по "рогам". Это приводит к ее растягиванию и успешному гашению.

В сетях до 35 кВ защитные промежутки имеют небольшую длину и могут закорачиваться птицами, садящимися на электроды. С целью предотвращения замыканий, в заземляющих спусках защитных промежутков создаются дополнительные искровые промежутки.

Искровые промежутки обладают рядом недостатков, которые ограничивают их применение. Пробивное напряжение искровых промежутков имеет большой статистический разброс, что сильно затрудняет координацию пробивных напряжений ИП с характеристиками защищаемой изоляции. Вследствие резкой неоднородности электрического поля между контактами имеет место существенное повышение разрядного напряжения ИП при крутых фронтах волн воздействующих перенапряжений. В области малых предразрядных времен ( $t_{кр} < 2$  мкс) вольт-секундная характеристика изоляции (с учетом статистического разброса) может проходить ниже вольт-секундной характеристики ИП (рисунок 1), то есть при временах  $t < t_{кр}$  изоляция остается незащищенной и может быть повреждена.

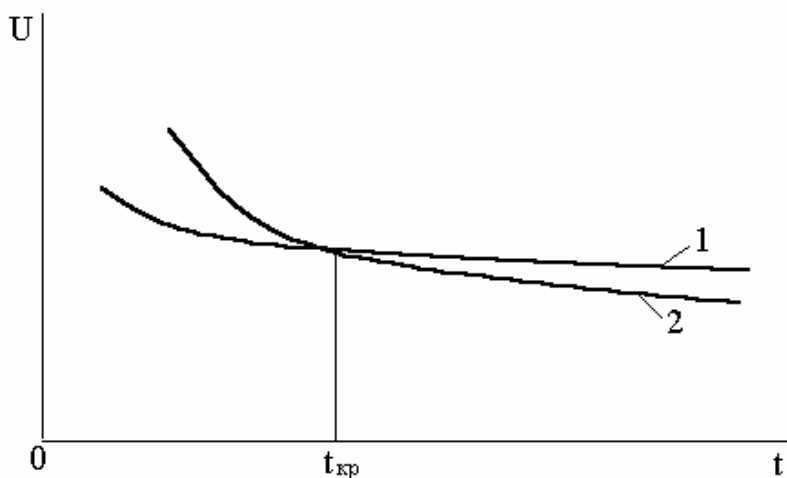


Рисунок 1- ВСХ изоляции (нижняя огибающая –1) и ИП (верхняя огибающая –2)

По дн ис ь и да та
Ин в. № ду бл.
Вз ам · ин в. №
По дн ис ь и да та
Ин в. № по дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Любые срабатывания искровых промежутков вызывают образование дуги тока короткого замыкания, которое в сетях с глухим заземлением нейтрали, а в ряде случаев и в сетях с изолированной нейтралью, самопроизвольно погаснуть не может. Каждое такое короткое замыкание вызывает нежелательные электродинамические воздействия в области трансформаторов и генераторов, ускоренный износ и внеочередные ревизии выключателей, допускающих ограниченное количество отключений токов короткого замыкания.

Срабатывание искровых промежутков, установленных параллельно защищаемой изоляции, вызывает резкий срез напряжения на ней. Это приводит к возникновению переходных процессов и опасных перенапряжений на продольной изоляции между витками и катушками обмоток трансформаторов, реакторов и электрических машин.

В настоящее время открытые искровые промежутки в качестве специальных защитных устройств применяются лишь в сетях с номинальным напряжением не выше 10 кВ. Однако, в сети любого напряжения в роли защитного промежутка может выступать изолятор воздушной линии, если его импульсная прочность окажется ниже амплитуды воздействующего напряжения. Например, при грозовых разрядах амплитуда волны перенапряжения, движущейся от точки удара молнии, будет срезаться за счет перекрытий линейных изоляторов до тех пор, пока она не станет ниже импульсной прочности изоляторов. Это существенно облегчает решение задачи защиты подстанционного оборудования от воздействия набегающих по линиям грозовых волн.

Некоторое улучшение характеристик может быть получено путем принудительного гашения дуги. Для этого искровые промежутки помещают в трубку из газогенерирующего материала. Такой защитный аппарат называется трубчатым разрядником (рисунок 2). Разрядник имеет внешний искровой промежуток  $S_1$  и внутренний  $S_2$ , размещенный внутри трубки 1 из изолирующего газогенерирующего материала. Дугогашение обеспечивает промежуток  $S_2$ , образованный между стержневым 2 и кольцевым 3 электродами. Промежуток  $S_1$  служит для отделения газогенерирующей трубки от сети. Это позволяет избежать разложения материала трубки под влиянием тока утечки при длительном воздействии рабочего напряжения.

Искровые промежутки  $S_1$  и  $S_2$  пробиваются при появлении перенапряжений на фазном проводе. Через них протекает импульсный ток молнии и ток короткого замыкания рабочей частоты. Под действием высокой температуры дуги в трубке происходит интенсивное газовыделение и давление в ней нарастает до нескольких десятков атмосфер. Газы, выходя через открытый конец трубки, создают продольное дутье, и при первом же прохождении тока через ноль дуга гаснет.

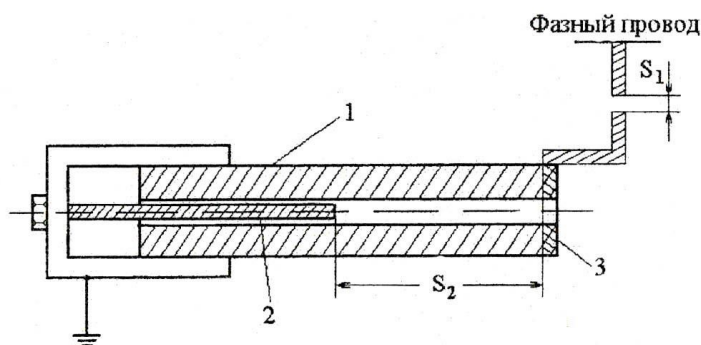


Рисунок 2 - Схема устройства и включения в сеть трубчатого разрядника

Трубчатые разрядники лишены одного из основных недостатков защитных искровых промежутков - образования длительного короткого замыкания, отключаемого сетевыми выключателями. Однако другие недостатки защитных промежутков (нестабильность вольт-

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



секундных характеристик, наличие срезов напряжения) имеются и у трубчатых разрядников. Эти недостатки, а также наличие зоны выхлопа исключают возможность применения трубчатых разрядников в качестве основного аппарата для защиты подстанционного оборудования.

Учитывая перечисленные недостатки, а также большие эксплуатационные расходы на обслуживание трубчатых разрядников, в настоящее время их установка во вновь сооружаемых сетях не предусматривается.

Широкое распространение в сетях высокого напряжения нашли вентильные разрядники. Они состоят из искровых промежутков и последовательных нелинейных сопротивлений (рисунок 3, а). В большинстве вентильных разрядников параллельно искровым промежуткам присоединяются шунтирующие резисторы или емкости. Они дают возможность управлять распределением напряжения по большому числу последовательно соединенных искровых промежутков вентильных разрядников. Шунтирующие резисторы служат для создания более равномерного распределения напряжения рабочей частоты и внутренних перенапряжений между искровыми промежутками. Шунтирующие емкости могут использоваться как для выравнивания напряжения, так и для принудительного создания более неравномерного его распределения между искровыми промежутками при грозовых перенапряжениях, что позволяет снизить импульсное пробивное напряжение разрядников за счет каскадного пробоя искровых промежутков.

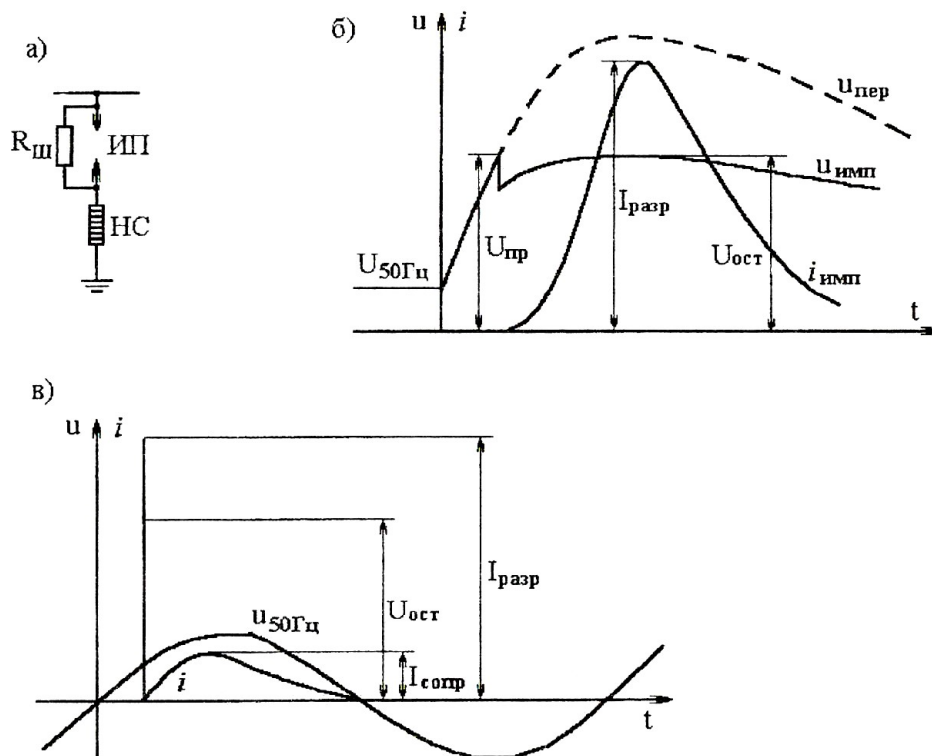


Рисунок 3- Принципиальная схема вентильного разрядника (а), остающееся напряжение и импульсный ток при его срабатывании (б), напряжение промышленной частоты и сопровождающий ток (в)

При воздействии на вентильный разрядник перенапряжения  $U_{пер}$ , превышающего его пробивное напряжение  $U_{пр}$  (рисунок 3,б), происходит пробой искровых промежутков (ИП), и нелинейное последовательное сопротивление (НС) присоединяется к сети. После пробоя ИП действующее на изоляцию перенапряжение определяется в основном падением напряжения

По  
дн  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дн  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

на НС (остающимся напряжением  $U_{ост}$  на разряднике) вследствие протекания через него импульсного тока. Напряжение  $U_{ост}$  на 20-30% должно быть меньше допустимого для защищаемой изоляции. Ток, протекающий через разрядник под действием напряжения промышленной частоты, называется сопровождающим током  $I_{сопр}$  (рисунок 3, в). Он ограничивается нелинейным последовательным сопротивлением разрядника, величина которого резко возрастает при снижении напряжения на разряднике. При переходе тока через нуль дуга в искровых промежутках гаснет, и разрядник приходит в исходное состояние.

Наиболее широкое распространение в сетях высокого напряжения получили вентильные разрядники (РВ) (рисунок 4), которые имеют пологую ВСХ. Они состоят из нескольких искровых промежутков (ИП), включенных последовательно, нескольких последовательно нелинейных рабочих сопротивлений (НС) и шунтирующих сопротивлений ( $R_{ш}$ ).

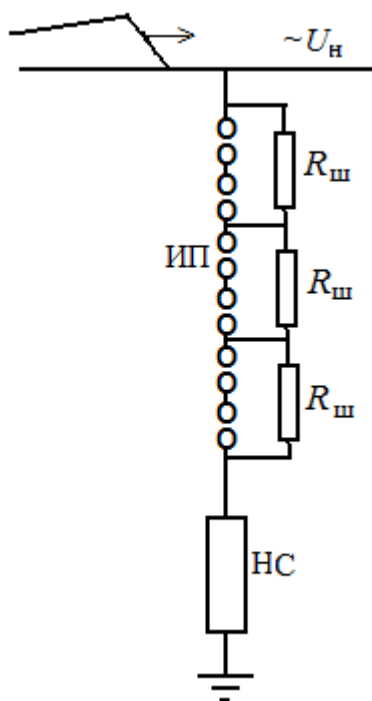


Рисунок 4- Устройство вентильного разрядника:

ИП – искровые промежутки;  
 НС – нелинейное рабочее сопротивление;  
 $R_{ш}$  – шунтирующее сопротивление

Значительное улучшение защитных характеристик разрядников может быть достигнуто при отказе от использования искровых промежутков. Это оказывается возможным при переходе к резисторам с резко нелинейной вольт-амперной характеристикой и достаточной пропускной способностью. Таким требованиям отвечают резисторы из полупроводникового материала на базе оксида цинка. Защитные аппараты, изготовленные из таких резисторов, носят название нелинейных ограничителей перенапряжений (ОНН).

Высоконелинейные оксидно-цинковые резисторы (варисторы) в настоящее время выпускаются в виде дисков диаметром от 28 до 115 мм. Вольт-амперные характеристики варисторов диаметром 28 мм приведены на рисунок 5, где напряжение указано в относительных единицах, причем за базисную величину принято остающееся напряжение на варисторе при токе 100 А.

По дн ис ь и да та
Ин в. № ду бл.
Вз ам · ин в. №
По дн ис ь и да та
Ин в. № по дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

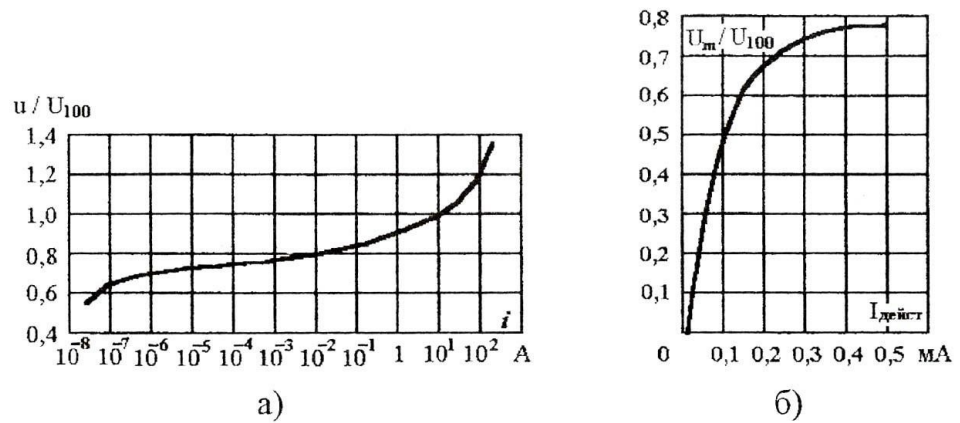


Рисунок 5- Вольт-амперные характеристики оксидно-цинковых резисторов на постоянном токе и при импульсах (а) и на переменном токе частотой 50 Гц (б)

Вольт-амперная характеристика варисторов (см. рисунок 5) позволяет комплектовать нелинейные ограничители перенапряжений с улучшенными характеристиками без искровых промежутков.

Нелинейные ограничители перенапряжений, обладая лучшими защитными характеристиками по сравнению с вентильными разрядниками, так же, как и вентильные разрядники, оказываются не в состоянии обеспечить ограничение перенапряжений ниже некоторого минимального уровня. Это связано с особенностью нелинейных сопротивлений, изготовленных на основе оксида цинка. Их характеристики могут необратимо изменяться под действием длительно приложенного рабочего напряжения, если при этом ток через нелинейное сопротивление превосходит величину порядка нескольких десятых долей миллиампера.

Поэтому вольт-амперную характеристику ОПН приходится поднимать вверх по оси напряжения до тех пор, пока ток нормального рабочего режима не понизится до значения 0,1 мА. Технически это достигается путем увеличения числа последовательно соединенных элементов нелинейных сопротивлений. При этом пропорционально возрастают и все остальные ординаты вольт-амперной характеристики ОПН. Например, если при одинаковой толщине дисков ОПН 220 кВ будет иметь вдвое больше последовательных элементов по сравнению с ОПН 110 кВ, то и уровень ограничения грозовых перенапряжений при токе 5 кА у него будет в два раза выше, чем у ОПН 110 кВ, т. е. кратность ограничения перенапряжений при заданном токе через ОПН останется той же самой. Некоторого, весьма небольшого изменения крутизны вольт-амперной характеристики удастся достичь путем увеличения площади дисков нелинейных элементов или параллельного соединения нескольких цепочек из нелинейных элементов.

Для коммутационных перенапряжений уровнем ограничения считается напряжение, соответствующее некоторому характерному значению тока через ОПН на вольт-амперной характеристике (порядка сотен ампер). Для грозовых перенапряжений уровнем ограничения считается напряжение, соответствующее токам 5-20 кА:

Номинальное напряжение сети, кВ	35	110	150	220	330	500
Расчетный ток коммутационных импульсов, А	350	500	500	500	700	1200
Напряжение на ОПН при расчетном коммутационном токе (в долях амплитуды фазного напряжения)	4,05	2,0	2,0	2,0	1,93	1,84
Напряжение на ОПН при грозовом						

По дп ис ь и да та	
Ин в. № ду бл.	
Вз ам · ин в. №	
По дп ис ь и да та	
Ин в. № по дл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

импульсе с током 5000 А (в долях амплитуды фазного напряжения)

4,5 2,4 2,4 2,4 2,4 2,1

Конструктивно ограничители перенапряжения состоят из колонки варисторов, спрятанной под изоляционной оболочкой. При этом, исходя из необходимых характеристик и конструкции устройства, таких колонок может быть несколько. В качестве оболочки обычно выступает стеклопластиковая труба, которая способна воспринимать практически любой вид механической нагрузки, тем самым обеспечивая необходимую прочность устройству.

На эту трубу путем бесшовного прессования помещена трекинговая кремнийорганическая резина, которая образует внешнюю защитную оболочку с ребрами. Колонку варисторов с двух сторон поджимают два вывода в виде фланцев, которые ввернуты в трубу с двух сторон. Для их изготовления используется электротехнический алюминий, стойкий к коррозии.

Чтобы ограничители перенапряжения ОПН хорошо выполняли свою задачу, они хорошо герметизированы. Осуществляется это надежным соединением фланцев, а также заполнением внутренней полости трубы желеподобным кремнийорганическим (силиконовым) каучуком. На случай внутреннего пробоя в трубе ограничителя предусмотрены отверстия, расположенные на определенном расстоянии друг от друга и закрытые защитной оболочкой. Это позволяет сбросить внутреннее давление устройства без разрушения на части.

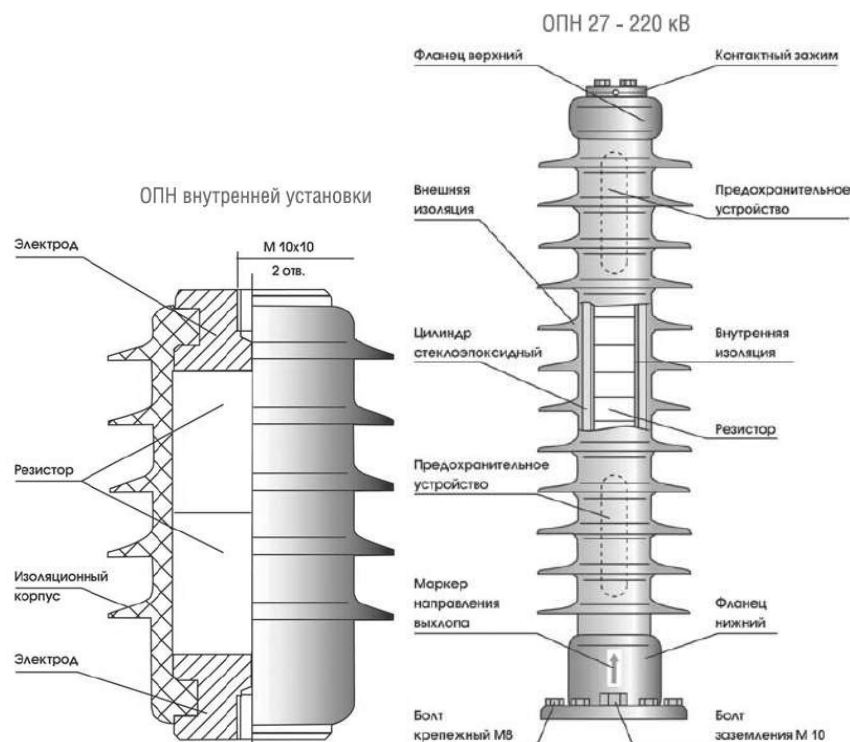


Рисунок 6 - Устройство ограничителя перенапряжения

### 1.3 Шунтирующие реакторы

Шунтирующий реактор – эффективное средство ограничения установившихся перенапряжений за счет емкостного эффекта в неперегруженных ВЛ СВН как при симметричном, так и при несимметричном режиме электропередачи. Наиболее эффективным является включение шунтирующего реактора, например, на подстанциях, в середине ВЛ или

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

в промежуточных точках. Включение шунтирующего реактора на стороне НН трансформаторов менее эффективно.

Для ограничения установившихся перенапряжений в неполнофазных режимах электропередачи находят применение схемы четырехлучевого шунтирующего реактора.

В качестве заземляющего луча используется реактор на 35 кВ. Когда необходимо подключить дополнительные ШР, это осуществляется через искровые промежутки, которые пробиваются при возникновении перенапряжений. Искровые промежутки затем шунтируются выключателями.

#### 1.4 Дугогасящие реакторы

Дугогасящие реакторы включаются в нейтрали трансформаторов сетей с  $U_{ном}=6-35$  кВ для компенсации емкостного тока однофазного замыкания на землю. Выпускаются ДГР двух модификаций: со ступенчатым (тип РЗДСОМ) и плавным (тип РЗДПОМ) регулированием тока.

Ступенчатое регулирование производится вручную штурвалом на отключенном ДГР, число ответвлений – пять. Плавное регулирование осуществляется путем изменения зазора в магнитопроводе с помощью электропривода, управляемого устройством автоматической компенсации тока замыкания на землю. При этом дугогасящий реактор не отключается, а замыкание на землю должно отсутствовать.

#### 1.5 Размещение на подстанции и на ВЛ средств защиты от перенапряжений

Расстояния по шинам, включая ответвления, от разрядников до трансформаторов и другого оборудования должны быть не более указанных в таблице 1. При превышении указанных расстояний должны быть дополнительно установлены защитные аппараты на шинах или линейных присоединениях.

Таблица 1- Наибольшие допустимые расстояния от вентильных разрядников до защищаемого оборудования 35-220 кВ

Номинальное напряжение, кВ	Тип опор на подходах ВЛ к РУ и подстанциям	Длина защищенного тросом подхода ВЛ, км	Расстояния до силовых трансформаторов, м												Расстояния до остального оборудования, м							
			Тупиковые РУ				РУ с двумя постоянно включенными ВЛ				РУ с тремя или более постоянно включенными ВЛ				Тупиковые РУ				РУ с двумя или более постоянно включенными ВЛ			
			Разрядник и III гр.		Разрядник и II гр.		Разрядник и III гр.		Разрядники II гр.		Разрядник и III гр.		Разрядник и II гр.		Разрядники III гр.		Разрядники II гр.		Разрядники III гр.		Разрядники II гр.	
			1хРВС	2хРВС	1хРВМГ	2хРВМГ	1хРВС	2хРВС	1хРВМГ	2хРВМГ	1хРВС	2хРВС	1хРВМГ	2хРВМГ	1хРВС	2хРВС	1хРВМГ	2хРВМГ	1хРВС	2хРВС	1хРВМГ	2хРВМГ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

По  
дн  
ис  
ь  
и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дн  
ис  
ь  
и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Лист

4

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
35	Опоры с горизонтальным расположением проводов	0,5	20	30	-	-	30	40	-	-	35	45	-	-	25	40	-	-	30	50	-	-
		1,0	40	60	-	-	50	100	-	-	90	120	-	-	75	100	-	-	100	150	-	-
		1,5	60	90	-	-	80	120	-	-	120	150	-	-	100	130	-	-	125	200	-	-
		2,0 и более	75	100	-	-	100	150	-	-	150	180	-	-	125	150	-	-	150	200	-	-
	Опоры с негоризонтальным расположением проводов	1,0	20	30	-	-	30	40	-	-	40	50	-	-	40	60	-	-	50	100	-	-
		1,5	30	50	-	-	50	60	-	-	60	70	-	-	60	90	-	-	80	120	-	-
		2,0 и более	45	70	-	-	70	90	-	-	90	100	-	-	70	120	-	-	90	150	-	-
		110	Опоры с горизонтальным расположением проводов	1,0	30	50	40	100	50	70	60	120	70	90	80	125	120	140	130	180	130	150
1,5	50	80		70	150	70	90	80	160	90	110	100	175	140	170	150	200	200	200	180	200	
2,0	70	100		90	180	80	120	100	200	110	135	120	250	170	200	180	220	200	200	200	200	
2,5	90	165		120	220	95	150	125	250	125	180	135	250	190	200	220	250	200	200	200	200	
3,0 и более	100	180		150	250	110	200	160	250	140	200	170	250	200	200	250	250	200	200	250	250	
Опоры с негоризонтальным расположением проводов	1,0	15		20	20	50	20	30	30	75	30	40	40	100	70	90	80	110	100	130	120	170
	1,5	30		55	40	80	40	60	50	100	50	70	60	130	110	130	120	160	150	180	160	200
	2,0	50		75	70	120	60	90	70	150	70	100	90	190	120	150	140	180	200	200	180	250
	2,5	65		100	90	160	70	115	100	200	80	125	120	250	130	200	160	230	200	200	200	200
	3,0 и более	80		140	120	200	80	140	130	250	95	150	140	250	150	200	180	250	200	220	220	250

По  
дн  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дн  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
150-220	Опоры с горизонтальным расположением проводов	2,0	-	-	20	65	-	-	60	100	-	-	90	110	90	160	100	210	150	220	200	280
		2,5	-	-	35	75	-	-	70	140	-	-	100	150	110	180	120	250	170	280	250	350
		3,0 и более	-	-	80	100	-	-	90	170	-	-	120	180	120	200	160	280	190	310	270	400
	Опоры с негоризонтальным расположением проводов	2,0	-	-	10	35	-	-	35	60	-	-	45	65	60	90	75	130	90	120	100	150
		2,5	-	-	15	70	-	-	65	90	-	-	80	90	80	120	100	180	120	160	140	220
		3,0	-	-	40	90	-	-	85	110	-	-	100	120	100	160	140	230	150	200	180	300

Места установки РВ или ОПН:

- 1) в цепях трансформаторов и шунтирующих реакторов;
- 2) при присоединении трансформатора к РУ кабельной линией 110 кВ и выше;
- 3) в нейтрали обмоток 110-150 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки;
- 4) в расщеплительных устройствах 3-20 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены РВ или ОПН, установленными на шинах или у трансформаторов;
- 5) на подходах ВЛ 3-20 кВ с деревянными опорами к ПС на расстоянии 200-300 м от ПС;
- 6) в случае присоединения ВЛ 3-20 кВ к ПС с помощью кабельной вставки в месте присоединения кабеля к ВЛ ;
- 7) кабельные вставки 35-220 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон;
- 8) кабельные вставки в ВЛ должны быть защищены по обоим концам кабеля от грозных перенапряжений защитными аппаратами.

По  
д  
н  
и  
с  
ь  
и  
д  
а  
т  
а

И  
н  
в.  
№  
д  
у  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
д  
н  
и  
с  
ь  
и  
д  
а  
т  
а

И  
н  
в.  
№  
п  
о  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2 Конструктивное исполнение, достоинства и недостатки вакуумных выключателей

Вакуумный выключатель высокого напряжения представляет собой аппарат, предназначенный для включения и отключения электрических цепей вхолостую, под нагрузкой и при коротких замыканиях.

Включение и отключение выключателей производится посредством специальных устройств — приводов — с ручным или дистанционным управлением. Устройство выключателя и привода к нему допускает возможность оперирования вручную или, соответственно, по дистанционной команде оператора при нормальном режиме работы (включение и отключение различных цепей, находящихся под нагрузкой, а также холостых линий и трансформаторов) и обеспечивает автоматическое отключение от релейной защиты при аварийном режиме (недопустимая перегрузка или короткое замыкание).

Способность автоматического отключения является основным и наиболее важным свойством выключателя, так как автоматическое и достаточно быстрое отключение при аварийном режиме предотвращает повреждение большими токами дорогостоящего электрооборудования, а также возможные нарушения нормальной работы энергосистемы: нарушение устойчивости параллельной работы станций, в особенности удаленных гидростанций, «опрокидывание» электродвигателей и их остановки в связи с понижением напряжения и пр.

В то же время операция отключения при аварийном режиме является для выключателя и наиболее тяжелой, так как при значительных перегрузках и при коротких замыканиях отключаемый ток может во много раз превосходить нормальный рабочий ток.

### 2.1 Конструкция вакуумных выключателей

Электрическая прочность вакуумного промежутка во много раз больше, чем воздушного при атмосферном давлении. Это свойство используется в вакуумных дугогасительных камерах КДВ (рисунок 7). Рабочие контакты 1 имеют вид полных усеченных конусов с радиальными прорезями. Такая форма контактов при размыкании создает радиальное электродинамическое усилие, заставляющее перемещаться дугу через зазоры 3 на дугогасительные контакты 2. Материал контактов подобран так, чтобы уменьшить количество испаряющегося металла. Вследствие глубокого вакуума ( $10^{-4}$ — $10^{-6}$ ) происходит быстрая диффузия заряженных частиц в окружающее пространство, и при первом переходе тока через нуль дуга гаснет.

Подвод тока к контактам осуществляется с помощью медных стержней 4 и 5. Подвижный контакт крепится к верхнему фланцу 6 с помощью сильфона 7 из нержавеющей стали. Металлические экраны 8 и 9 служат для выравнивания электрического поля и для защиты керамического корпуса 10 от напыления паров металла, образующихся при горении дуги. Экран 8 крепится к корпусу камеры с помощью кольца 11. Поступательное движение верхнему контакту обеспечивается корпусом 12. Ход подвижного контакта составляет 12 мм.

На основе рассмотренной выше вакуумной дугогасительной камеры выпускаются выключатели напряжением 6–110 кВ с номинальным током до 3200 А и током отключения до 40 кА.

Вакуумные выключатели 6–10 кВ широко применяются для замены маломасляных и электромагнитных выключателей в комплектных распределительных устройствах, для чего они комплектуются на выкатных тележках 1 (рисунок 8).

По дн ис ь и да та
Ин в. № ду бл.
Вз ам · ин в. №
По дн ис ь и да та
Ин в. № по дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 4



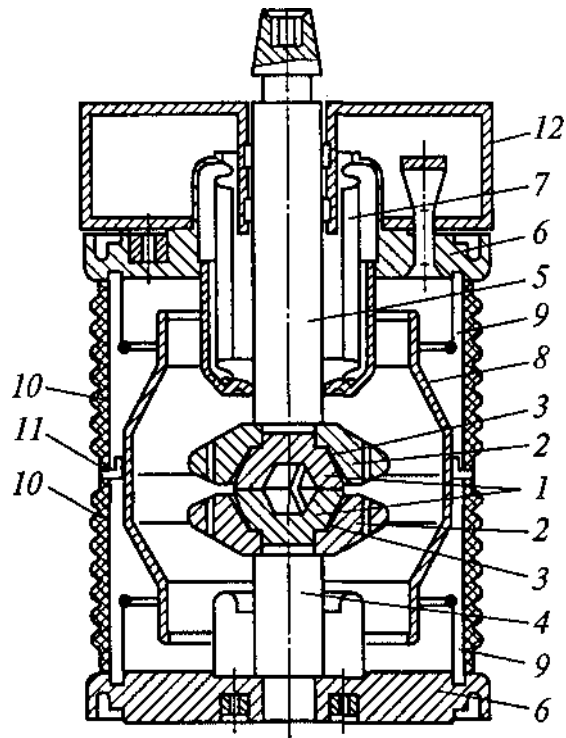


Рисунок 7- Вакуумная дугогасительная камера КДВ-10-1600-20:

1 — рабочие контакты; 2 — дугогасительные контакты; 3 — зазоры; 4, 5 — токоведущие стержни; 6 — верхний фланец; 7 — сильфон; 8, 9 — экраны; 10 — керамический корпус; 11 — крепежное кольцо; 12 — корпус

Дугогасительная камера 7 укреплена на токовыводах в изоляционном каркасе 6 и системой рычагов связана с приводом. При включении сначала происходит заводка пружинно-моторного привода до положения «Готов». После этого подается сигнал на включение на ИДУУ (индукционно-динамическое устройство управления), которое, разряжаясь, сбивает удерживающую защелку на приводе, пружины поворачивают кулачковый вал 9, который воздействует на рычаг вала выключателя. Вал, поворачиваясь, через систему рычагов и изоляционные тяги 3 воздействует на подвижный контакт КДВ, выключатель включается. Отключение производится кнопкой отключения 10, которая выбивает удерживающую защелку, а отключающая пружина 13 через систему рычагов возвращает подвижный контакт камеры в отключенное состояние. Управление выключателем может осуществляться вручную или дистанционно. Рассмотренный выключатель может отключать и включать ток КЗ 31,5 кА, полное время отключения 0,04 с, время включения 0,03 с. Коммутационный ресурс: число циклов В —  $t_n$  — О номинального тока равно 30000, число циклов В и О тока отключения — 50. Срок службы до среднего ремонта составляет 15 лет.

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Лист

4

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

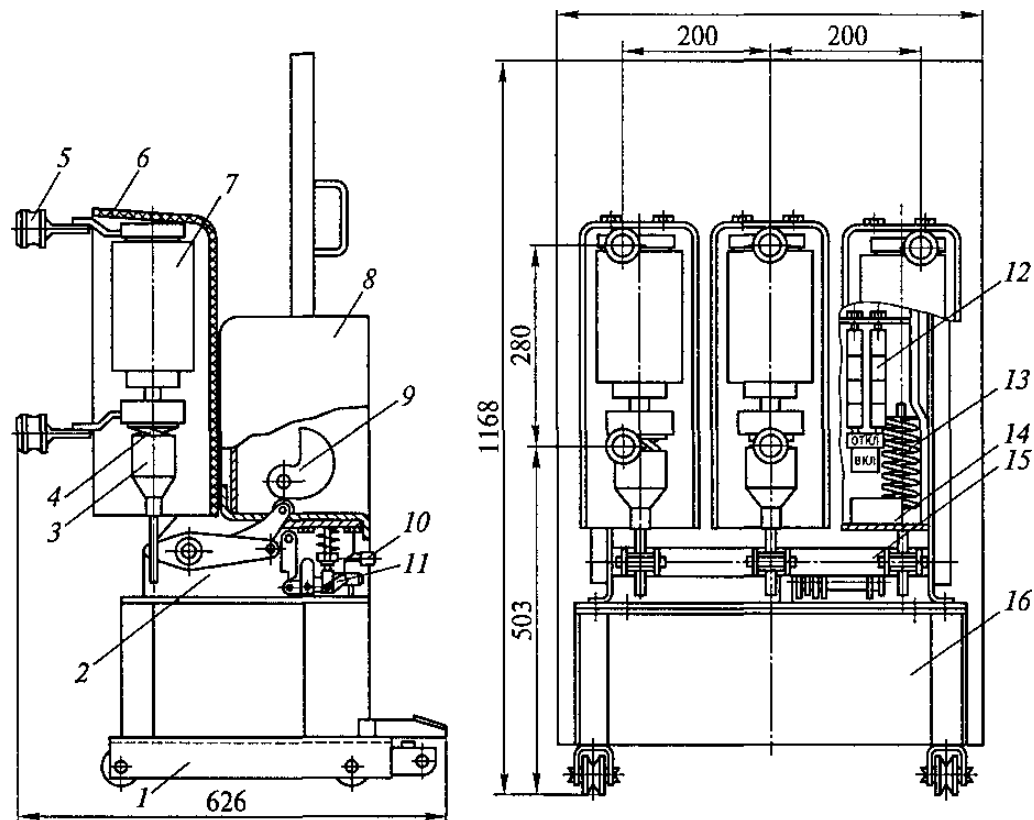


Рисунок 8 - Выключатель вакуумный ВВП-С-10-31,5/1600 УЗ:

1 - выкатная тележка; 2 - рама; 3 - изоляционные тяги; 4 - узел поджатыя; 5 - токовыводы; 6 - изоляционный каркас; 7 - вакуумная дугогасительная камера (КДВ); 8 - пружинно-моторный привод; 9 - кулачковый вал привода; 10 - кнопка отключения; 11 - блок защелок; 12 - блок сигнализации; 13 - отключающая пружина; 14 - буфер; 15 - вал выключателя; 16 - индукционно-динамическое устройство управления (ИДУУ)

Выключатель ВВП — быстродействующий, устанавливается в ячейках КРУ секционных и на вводах в совокупности с быстродействующим АВР и служит для замены маломасляных выключателей, отслуживших свой срок в ячейках КРУ: К-ХП, К-ХШ, К-XXVI, К-37, КВЭ, КВС и КСО всех типов.

Для этих же целей освоен выпуск выключателей вакуумных ВВ-TEL производственным объединением «Таврида-электрик». На рисунке 9 показан разрез по одному полюсу и общий вид вакуумного выключателя ВВ-TEL-10/1000. Выключатель состоит из трех полюсов на одном основании (см. рис. 3, а). Якоря 8 приводных электромагнитов соединены между собой валом 11.

В разомкнутом положении контакты выключателя удерживаются отключающей пружиной 9 через тяговый изолятор 5. При подаче сигнала «Вкл» подается питание в катушку электромагнита 10; якорь 8, сжимая отключающую пружину, перемещается вверх вместе с тяговым изолятором и подвижным контактом 3, который замыкается. В это время кольцевой магнит 7 запасает магнитную энергию, необходимую для удержания выключателя во включенном положении, а катушка 10 постепенно обесточивается, после чего привод оказывается подготовленным к операции отключения.

Во включенном положении выключатель удерживается силой магнитного притяжения якоря 8 к кольцевому магниту 7 так называемой «магнитной защелкой», при этом энергии из внешней цепи не потребляется.

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
ин  
в.  
№

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					4

При подаче сигнала «Откл» блок управления подает импульс противоположного направления в катушку 10, размагничивая магнит и снимая привод с магнитной защелки. Под действием пружин 6 и 9 якорь 8 перемещается вниз вместе с тяговым изолятором и подвижным контактом 3, выключатель отключается. Возможно ручное отключение кнопкой 3 (см. рис. 3, б).

Выключатели данной серии применяются для замены выключателей в ячейках КРУ, а также для вновь разрабатываемых камер КСО и КРН.

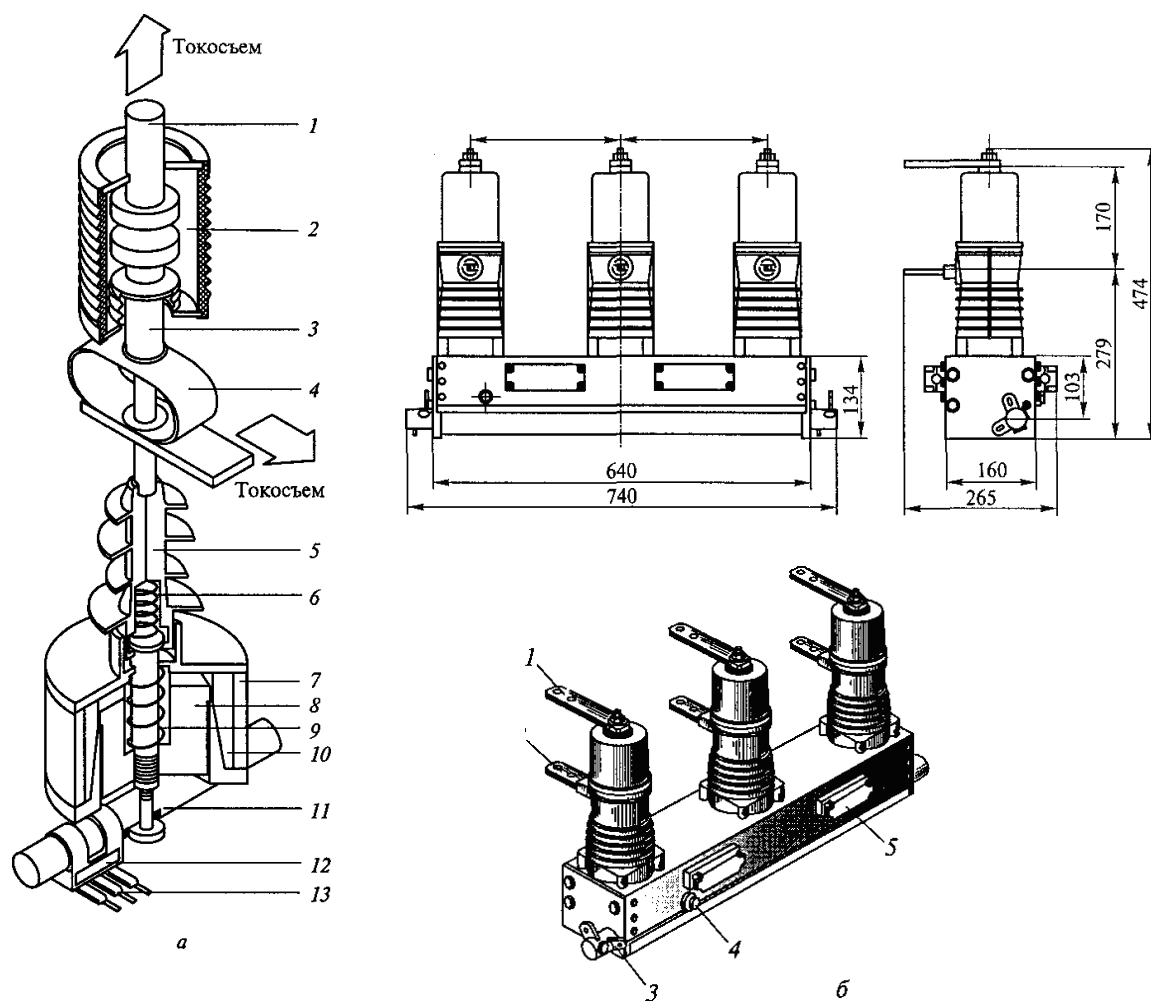


Рисунок 9- Вакуумный выключатель ВВ-TEL-10-1000:

*a* — конструктивная схема полюса: 1 — неподвижный контакт ВДК; 2 — вакуумная камера (ВДК); 3 — подвижный контакт ВДК; 4 — гибкий токосъем; 5 — тяговый изолятор; 6 — пружина поджатия; 7 — кольцевой магнит; 8 — якорь; 9 — отключающая пружина; 10 — катушка; 11 — вал; 12 — постоянный магнит; 13 — герконы (контакты для внешних вспомогательных цепей); *б* — общий вид выключателя: 7, 2 — подключение главных цепей; 3 — кнопка ручного отключения; 4 — заземление; 5 — подключение вторичных цепей

Вакуумный выключатель ВБЭС-35 III УХЛ1

По дп ис ь и да та	
Ин в. № ду бл.	
Вз ам · ин в. №	
По дп ис ь и да та	
Ин в. № по дл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Выключатель состоит из трех полюсов 1 (рисунок 10), которые установлены на каркасе 9. В каркасе 9 размещены: привод 15, пружина отключения 3, указатель положения механизма 16 (визуальное наблюдение за механизмом осуществляется через смотровое окно 5, рисунок 10), блокировочные контакты в цепи отключения 14, блокировочные контакты в цепи включения 13, резистор 12, тяга 6 (ручка ручного оперативного отключения), демпферы 5, вал 20, коммутирующие контакты для внешних вспомогательных цепей привода 11, зажимы кабельные 17, колодка клеммная 18, подогреватели 10, счетчик импульсов 1 (рисунок 10).

Каждый полюс 1 (рисунок 10) состоит из блока дугогасительного, в верхней части которого расположена дугогасительная камера типа КДВ2–35–25/1600 УХЛ2.1 или КДВ3–35–31,5/1600 УХЛ2.1 с дополнительной изоляцией уровня б по ГОСТ 1516.3-96. Для подключения коммутируемой цепи дугогасительный блок имеет токоведущие выводы .

Каркас 9 (рисунок 10) представляет собой сварную конструкцию из прямоугольных труб. Каркас закрывается крышками 3.

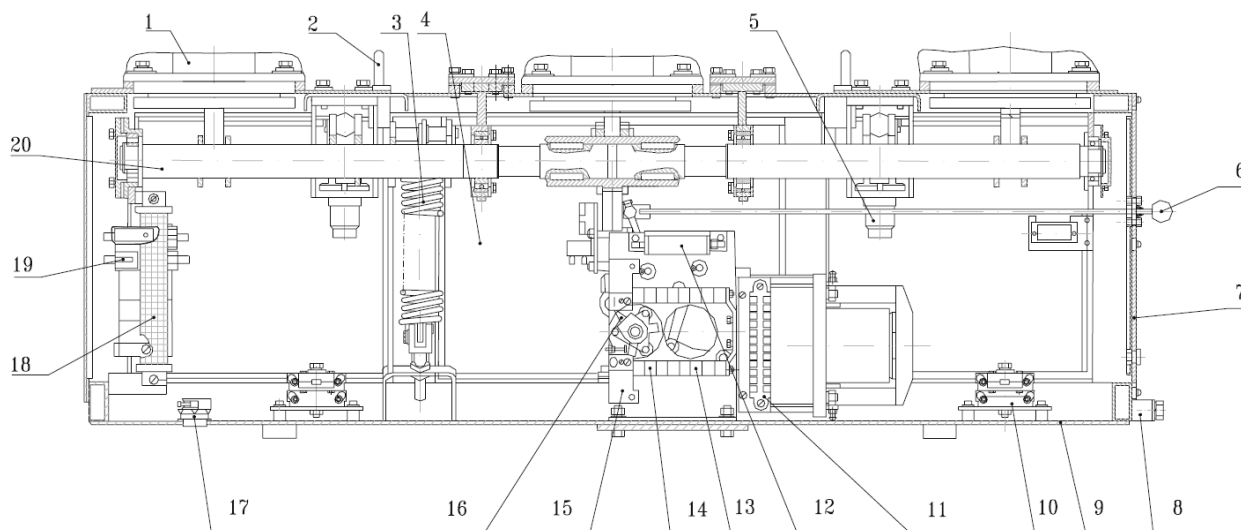


Рисунок 10 - Полюс выключателя ВБЭС– 35 III УХЛ1

1–блок дугогасительный с КДВ; 2–рым-болт; 3–пружина отключения; 4,7–крышка; 5–демпфер; 6–тяга (ручка ручного оперативного отключения); 8–болт заземления; 9–каркас; 10–подогреватель; 11–блок зажимов; 12–резистор; 13–блокировочные контакты в цепи отключения; 14–блокировочные контакты в цепи включения; 15–привод; 16–указатель положения механизма; 17–зажим кабельный; 18–колодка клеммная; 19–контактор; 20–вал

Для заземления выключателя служит бобышка с контактной площадкой и специальный болт заземления для присоединения заземляющей шины.

Привод 15 (рисунок 10) состоит из электромагнита включения YAC1, механизма свободного расцепления, электромагнита отключения YAT1, блокировочных контактов в цепи включения 5 SQ3 и цепи отключения 4 SQ2, контактов блокировочных против "прыгания" 2 SQ, резистора 11 R1, коммутирующих контактов для внешних вспомогательных цепей 1 и указателя положения механизма 13.

#### Вакуумный выключатель ВРС-110 III-31,5/2500

Выключатели типа ВРС-110 состоят из следующих основных частей: блока полюсов, шкафа с пружинным приводом и опорных металлоконструкций (стоек).

Блок полюсов состоит из:

-трёх полюсов с вакуумными камерами, выполненных с цельнолитой кремнийорганической изоляцией и заполненных азотом;

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
ин  
в.  
№

По  
дп  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

-рамы, на которой установлены полюса, в которой установлены регулируемые тяги и индикатор условного давления азота.

Полюс выключателя типа ВРС-110 (рисунок 11) состоит из вакуумной дугогасительной камеры (ВДК), несущих крышек, изоляционной тяги, верхнего и нижнего контактов, крепежных деталей и деталей уплотнения для герметизации полюса. Верхняя и нижняя части полюса выполнены из стеклопластиковой трубы, покрытой с внешней стороны кремнийорганической изоляцией. Для обеспечения изоляционной прочности внутри полюса: пространство между верхней крышкой и вакуумной камерой заполнено полимерной изоляцией, внутренняя поверхность нижней крышки покрыта кремнийорганической изоляцией. Изоляционная тяга полюса, также покрыта кремнийорганической изоляцией. Данная изоляция тяги выполнена с оребрением для увеличения пути утечки. Для исключения появления и влияния влаги, все внутренние полости полюсов заполнены азотом под абсолютным давлением 115 кПа при температуре 20°C. Эти полости полюсов соединены между собой соединительными трубками. Причем закачка азотом выполняется через клапан, установленный на одном крайнем полюсе, а индикатор условного давления на другом крайнем полюсе. Индикатор условного давления азота (SP) имеет термокомпенсационный механизм и во всем температурном диапазоне выключателя контролирует точку плотности азота. Он всегда во всем температурном диапазоне выключателя показывает условное избыточное давление азота 0,015 МПа (на шкале индикатора в зеленом секторе 0,15 бар), соответствующее абсолютному давлению закачки азота 115 кПа при температуре 20°C. В случае если абсолютное давление азота снижается до 100 кПа при 20°C в индикаторе условного давления азота замкнется нормально-открытый сигнализирующий контакт, а стрелка на шкале индикатора будет находиться в красном секторе -0,6...0 бар, что указывает на необходимость проведения дозаправки азотом полюсов.

Пружинный привод выключателя типа ВРС-110 установлен в шкафу привода и кинематически связан через тяги с полюсами выключателя.

Управление приводом выключателя обеспечивается по цепи электродвигателя (М) заводки включающей пружины и по цепям управления и защит, а именно по цепи электромагнита отключения (УАТ), по цепи электромагнита включения (УАС) и по цепи электромагнита отключения от независимого питания (УАВ).

Все цепи управления, защит и обогрева привода выведены на клеммный ряд ХТ, установленный в шкафу привода. Для подсоединения к внешним вторичным цепям в дне шкафа привода установлены две втулки, через которые вводятся два жгута для подсоединения к клеммному ряду ХТ.

Включение выключателя осуществляется за счет энергии включающей пружины привода. Взвод включающей пружины привода может быть выполнен либо автоматически с помощью электродвигателя (М) либо вручную рукояткой взвода включающей пружины.

После взвода включающей пружины может быть выполнена операция «В», которая выполняется либо подачей напряжения в цепь электромагнита включения (УАС) либо нажатием на кнопку включения. После выполнения операции «В» следует автоматический взвод включающей пружины для возможности осуществления АПВ.

Включенный выключатель может быть отключен подачей напряжения в цепь электромагнита отключения (УАТ), цепь электромагнита отключения от независимого питания (УАВ) либо с помощью кнопки отключения.

Отключение осуществляется за счет энергии пружин механизмов поджатия полюсов и отключающей пружины, которые взводятся при включении выключателя.

В схеме управления выключателя типа ВРС-110 имеется реле блокировки повторного включения (KBS).

В шкафу привода установлен переключатель SACY для выбора режима управления выключателем. Переключатель имеет три фиксированных положения: «местное», «нейтральное», «дистанционное». В нейтральном положении управление выключателем

По дн ис ь и да та	
Ин в. № ду бл.	
Вз ам · ин в. №	
По дн ис ь и да та	
Ин в. № по дл.	

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

отключено (команды не проходят), а замкнут только контакт сигнализации, указывающий на это положение.

В шкафу привода также установлен переключатель SA подачи команд «Включить» и «Отключить» при местном управлении. Переключатель с самовозвратом в нейтральное положение.

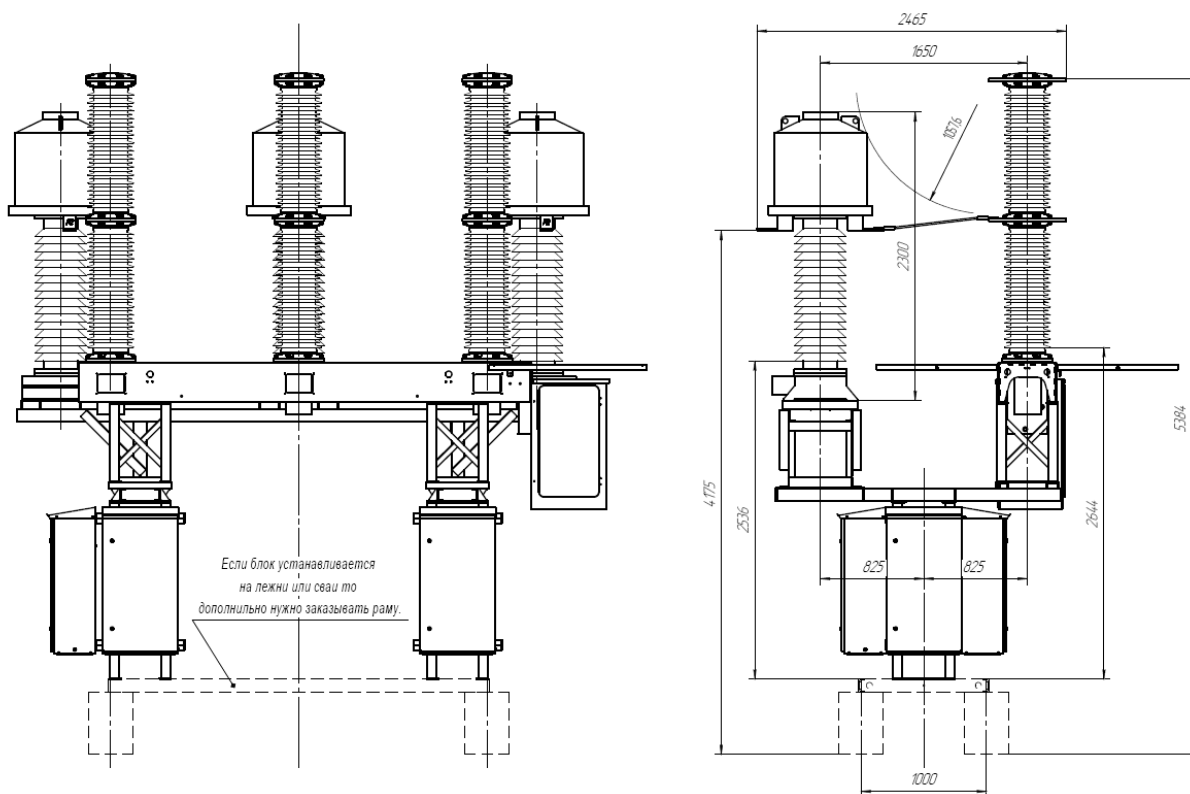


Рисунок 11 – Общий вид выключателя ВРС-110

#### Достоинства вакуумного выключателя

Высокая эксплуатационная надежность. Плотность отказов вакуумных выключателей ниже на порядок по сравнению с традиционными выключателями (масляными, электромагнитными).

Высокая коммутационная износостойкость и сокращение расходов по обслуживанию. Без ревизий и ремонтов число отключений рабочих токов вакуумным выключателем достигает 20 тысяч, а отключений токов КЗ составляет 20 — 200 в зависимости от значений токов и типа выключателя. На масляных же выключателях ревизия проводится после 500 — 100 отключений в рабочем режиме и 3 — 10 отключений токами КЗ. Для воздушных выключателей это соответственно 1000-2500 и 6-15 отключений.

Быстродействие и увеличенный механический ресурс. Главная причина этого — ход контактов дугогасительной вакуумной камеры составляет не более 6 — 10 мм, против 100 — 200 мм в масляных и электромагнитных конструкциях, поскольку прочность вакуума на электрический пробой значительно превосходит электрические прочностные свойства масляной и воздушной дугогасительных сред.

Автономность работы. Вакуумная дугогасительная камера не нуждается в пополнении дугогасящей среды, что снижает, в том числе, расходы на эксплуатацию вакуумного выключателя.

Безопасность и удобство эксплуатации. При одинаковых номинальных параметрах коммутируемых токов и напряжений, масса вакуумного выключателя значительно ниже чем у других типов выключателей. А малая энергия привода, небольшие динамические нагрузки и отсутствие утечки газов, масла обеспечивает бесшумность работы, экологическую безопасность

По  
дн  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
ду  
бл.

Вз  
ам  
·  
ин  
в.  
№

По  
дн  
ис  
ь и  
да  
та

Ин  
в.  
№  
по  
дл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



## Заключение

В ходе прохождения учебной практики были рассмотрены особенности работы инженеров-электриков на электрических станциях, средства защиты, применяемые при выполнении работ в электроустановках и их классификация, испытания средств защиты, категории потребителей по требованиям надёжности электроснабжения.

По дн ис ь и да т а						
Ин в. № ду бл.						
Вз ам · ин в. №						
По дн ис ь и да т а						
Ин в. № по дл.						<i>Лист</i>
						4
		<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>



## Библиографический список

1. Важов, В.Ф. Техника высоких напряжений: учебное пособие [Текст]: учебное пособие / В.Ф. Важов, Ю.И. Кузнецов, Г.Е. Куртенков, В.А. Лавринович, В.В. Лопатин, А.В. Мытников; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 208 с.
2. Халилов, Ф.Х. Классификация перенапряжений. Внутренние перенапряжения [Текст]:/ Учебное пособие/ Ф.Х. Халилов - Издание НОУ “Центр подготовки кадров энергетики”, Санкт-Петербург, 2012 – 80 с..
3. Шкаруба, М.В. Изоляция и перенапряжения в электрических системах. Конспект лекций [Текст]/ М.В.Шкаруба: – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006.– 64 с.
4. Методические указания по защите от резонансных перенапряжений в электроустановках 6-750 кВ. СТО 56947007- 29.240.10.191-2014. - ОАО «ФСК ЕЭС» , 2014 г. – 33 с.
5. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. – 9-е изд., испр. – Москва.: Издательский центр «Академия», 2013. – 448 с.
6. Выключатели вакуумные типа ВБЭС– 35 III УХЛ1. Руководство по эксплуатации КУЮЖ.674153.003 РЭ
7. Выключатели вакуумные типа ВРС– 110 с трансформаторами тока. Техническая информация НКАИ.670049.050ТИ

По дн ис ь и да т а							
Ин в. № ду бл.							
Вз ам · ин в. №							
По дн ис ь и да т а							
Ин в. № по дл.							Лист
		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	4