Высоковольтное оборудование
и решения для передачи энергии
www.siemens.ru/energy
hpts.ru@siemens.com

Центральный офис:
115184, Москва,
ул. Большая Татарская, д.9
Телефон: +7 (495) 737-1-737

Региональные офисы:

г. Владивосток
г. Екатеринбург
г. Иркутск
г. Казань
г. Краснодар
г. Красноярск
г. Новосибирск
г. Омск
г. Пермь
г. Ростов-на-Дону
г. Санкт-Петербург
г. Самара
г. Томск
г. Уфа
г. Хабаровск

© 2016 ООО «Сименс». Все права защищены.

Информация, опубликованная в данной брошюре, содержит описания и технические характеристики, которые не всегда применяются в том виде, в котором они приведены, или могут быть изменены в результате дальнейшего развития наших продуктов. Полная техническая информация предоставляется только в случае, когда это ясно оговорено в условиях контракта.

Получите больше информации

SIEMENS
*Ingenuity for life**

Высоковольтное оборудование

www.siemens.ru/energy

*** Изобретательность для жизни**

Содержание

Введение 5

Выключатели и разъединители ..... 6 – 31

Ограничители перенапряжений (ОПН) ..... 32 – 39

Измерительные трансформаторы ..... 40 – 53

Высоковольтные реакторы ..... 54 – 59

Вводы ..... 60 – 65

КРУЭ для подстанций ..... 66 – 78

Линейные изоляторы ..... 79 – 83

Контакты 85

Введение

Высоковольтное оборудование – это основа экономичной, безопасной и надежной передачи электроэнергии. Наша высоковольтная продукция соответствует вашим требованиям в части низкой стоимости эксплуатационного обслуживания на протяжении всего срока службы и оптимальной надежности при непрерывной работе. Оборудование имеет длительный срок службы, обладая высокой сейсмостойкостью и устойчивостью к атмосферным воздействиям.

Технологии, используемые при производстве нашей продукции, удовлетворяют требованиям всех международных стандартов. Мы гарантируем высокое качество нашей высоковольтной продукции благодаря высокотехнологичным производственным процессам, непрерывному совершенствованию изделий и использованию сертифицированной системы управления качеством.

В настоящей брошюре представлен ассортимент высоковольтного оборудования и устройств, производимый концерном Siemens AG. В него входят выключатели и разъединители, ограничители перенапряжений, измерительные трансформаторы, реакторы и последнее, но не менее важное – высоковольтные вводы. Вся высоковольтная продукция отвечает требованиям государственных стандартов Российской Федерации. При изготовлении нашей продукции используются самые современнейшие мировые технологии. В то же время, все наши разработки и инновации отличаются энергоэффективностью, экономичностью, надежностью и вносят свой вклад в защиту окружающей среды и обеспечение возобновляемости ресурсов.

Мы являемся единственной компанией в мире, предлагающей полный перечень продукции и услуг на всем протяжении цепи – от добычи нефти и газа до генерации, передачи и распределения электрической энергии. Выбирая Siemens, вы выбираете знания и опыт, а также партнера, способного удовлетворить все ваши потребности в области передачи и распределения энергии.

Наши специализированные дочерние компании Hochspannungsgeräte GmbH, Troisdorf (HSP) и Trench Electric являются мировыми лидерами в своих областях: HSP является лидером в производстве высоковольтных вводов. Группа Trench – крупнейший в мире производитель измерительных трансформаторов, вводов и реакторов. Сюда относится широкий ассортимент вводов для силовых трансформаторов, газоизолированных распределительных устройств, выключателей, генераторов, зданий, испытательного оборудования, железнодорожных систем, линий электропередачи высокого напряжения на постоянном токе, а также другого специализированного оборудования.

TRENCH

HSP

Выключатели и разъединители

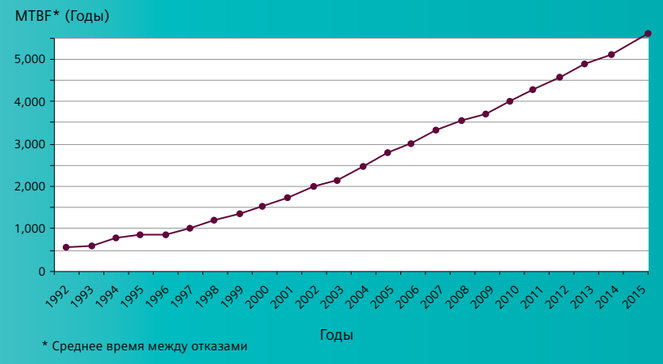
Партнёрские отношения по всему миру

Более 136 000* силовых выключателей поставлено в более чем 150 стран мира в течение 100 лет эксплуатации.

* по ячейкам

Подтверждение надёжности

Вероятность серьёзного отказа – 1в течение 5520 лет (согласно анализу CIGRE – 1 серьёзный отказ в течение 333 лет).



* Среднее время между отказами

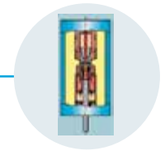
- Выключатели Siemens сертифицированы согласно новейшим международным и российским стандартам, таким как ISO/EN, ANSI, МЭК, ГОСТ и т.д.
- Высокотехнологичная типовая конструкция контактной системы и приводов едина для всех типов колонковых и баковых выключателей, компактных распределительных устройств и КРУЭ, что снижает риски возникновения поломок.
- Это гарантирует надёжную работоспособность оборудования в течение жизненного цикла до 50 лет, включая эксплуатацию в условиях высоких и низких температур, а также в зонах повышенной сесмической активности.

Непрерывные инновации с 1910 года

1910 Начало производства выключателей в Берлине, Германия

1964 Поставка первого высоковольтного выключателя с элегазовой изоляцией до 245 кВ

1973 Разработка автокомпрессионного принципа гашения дуги



1982 Поставка первого силового выключателя 800 кВ

1996 Поставка первого выключателя с камерой автокомпрессионного самогашения дуги

2007 Поставка первого компактного распределительного устройства DTC 145 кВ

2009 Поставка первого 3AP DCB выключателя с разъединителем

2010 Пилотная установка прототипа первого вакуумного выключателя 3AV 72.5 кВ

2012 Двухразрывный баковый выключатель на напряжение 245 и 362 кВ

2013 Пилотная установка выключателя сверхвысокого напряжения 3AP5 DT 1200 кВ

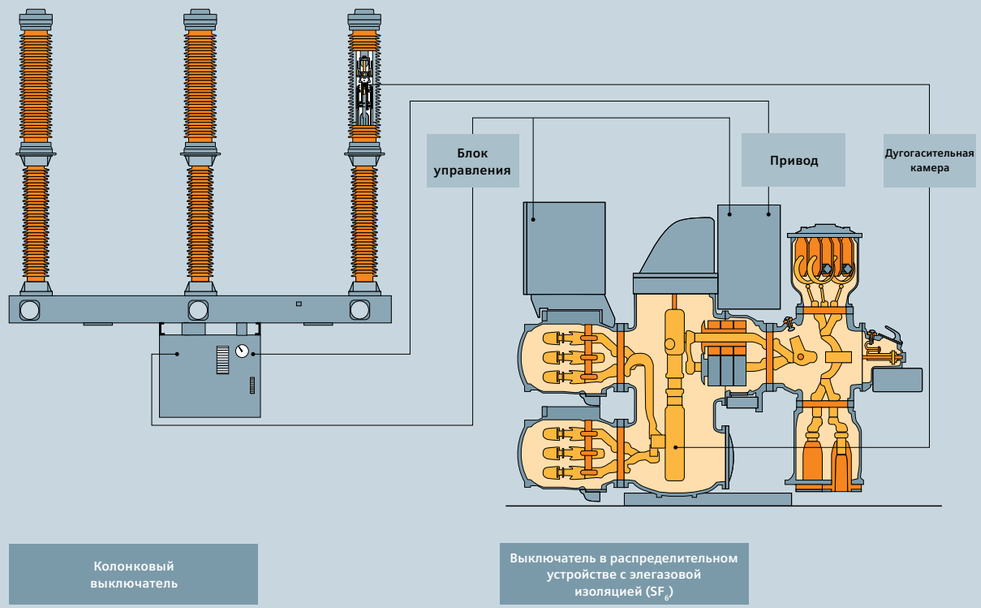


Рис. 1. Составные части выключателя: Колонковый выключатель; выключатель в распределительном устройстве с элегазовой изоляцией (SF_6)

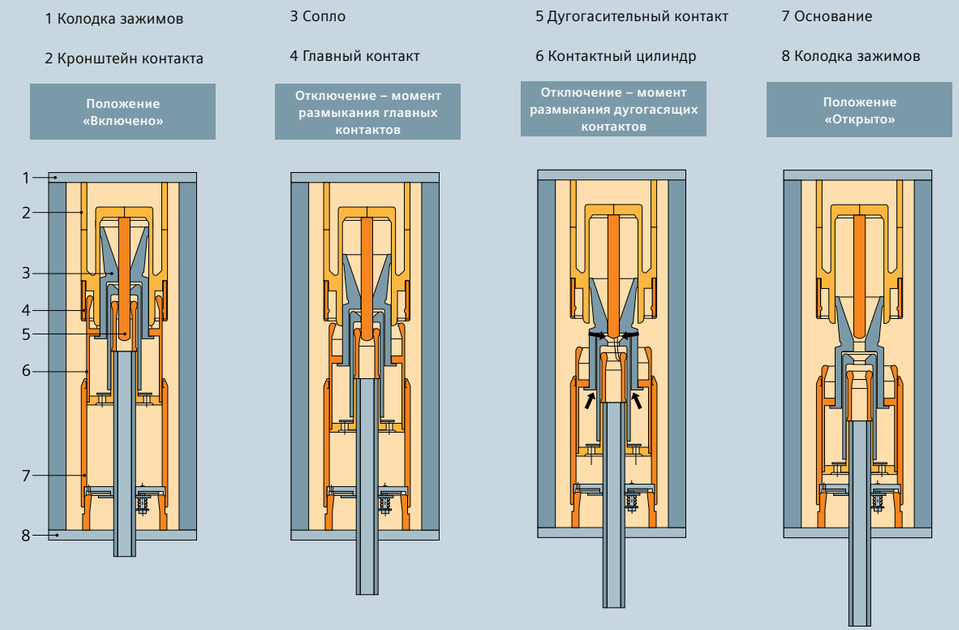


Рис. 2. Блок выключателя (принцип гашения дуги).

Выключатели напряжения от 72,5 кВ до 800 кВ

Выключатель является самым ответственным аппаратом в высоковольтной системе, при авариях он всегда должен обеспечивать четкую работу. При отказе выключателя авария развивается, что ведет к тяжелым разрушениям и большим материальным потерям, связанными с недоотпуском электроэнергии, прекращением работы крупных предприятий.

В связи с этим основным требованием к выключателям является особо высокая надежность их работы во всех возможных эксплуатационных режимах. Отключение выключателем любых нагрузок не должно сопровождаться перенапряжениями, опасными для изоляции элементов установки. В связи с тем, что режим короткого замыкания для системы является наиболее тяжелым, выключатель должен обеспечивать отключение цепи за минимально возможное время.

Постоянное совершенствование выключателей, производимых компанией Сименс, осуществляется с использованием передовых технологий и многолетнего опыта нашей работы. Благодаря этому выключатели способны удовлетворить любые требования, предъявляемые к высоковольтным коммутационным аппаратам.

Комплексная система управления качеством компании сертифицирована в соответствии с DIN EN ISO 9001. Она охватывает разработку, производство, продажу, ввод в эксплуатацию и послепродажное обслуживание. Испытательные лаборатории компании аккредитованы в соответствии с EN 45001 и PEHLA/STL.

Модульная конструкция
Благодаря постоянному использованию модульного принципа все типы выключателей Siemens для воздушной или газовой изоляции состоят из одного ассортимента компонентов, основанного на нашей отработанной платформенной конструкции (рис. 1):

- Дугогасительное устройство;
- Пружинный привод (один на три полюса или по одному на каждый полюс);
- Газонаполненные изоляторы;
- Приводящий стержень (тяга рычажной передачи);
- Элементы управления.

Дугогасительное устройство – принцип автокомпрессионного гашения дуги

Ассортимент оборудования Siemens от 72,5 кВ до 800 кВ включает высоковольтные выключатели с автокомпрессионным принципом гашения дуги для оптимального включения-отключения токов в любых условиях работы при любом уровне напряжения.

Автокомпрессионные выключатели
Автокомпрессионный принцип обеспечивает оптимальное дугогашение за счет использования энергии самой электрической дуги, минимизируя тем самым затраты энергии привода.

Компания Siemens запатентовала этот метод гашения дуги в 1973 году. С этого времени продолжается совершенствование этой технологии.

Благодаря этому мы неизменно применяем наш пружинный привод, хорошо зарекомендовавший себя за долгие годы эксплуатации.

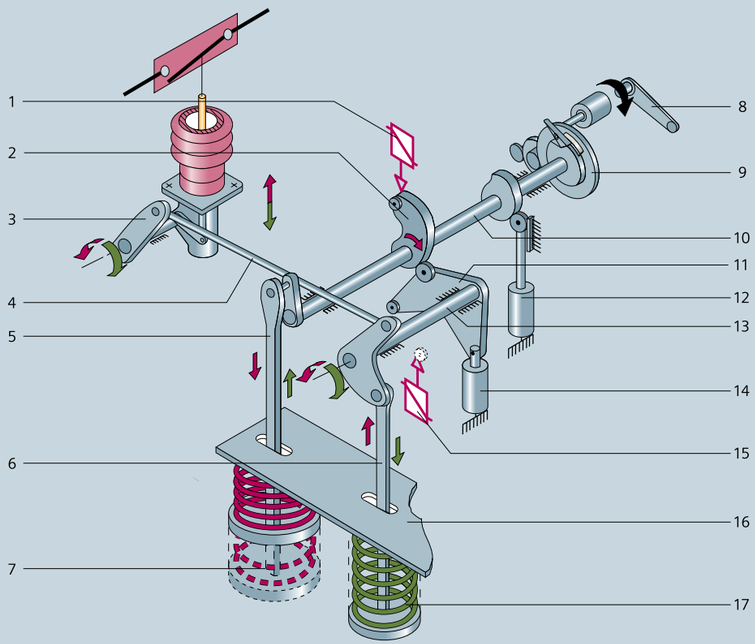
Пружинный привод

Пружинный привод, как и дугогасительное устройство является центральной частью высоковольтных выключателей. Принцип действия привода высоковольтных выключателей 3AP основан на использовании энергии сжатой пружины. Использование такого приводного механизма для напряжения до 800 кВ стало возможным в результате совершенствования автокомпрессионного дугогасящего устройства, требующего при гашении электрической дуги минимума сторонней энергии.

Преимущества пружинного привода:

- Высочайшая степень эксплуатационной безопасности
- Простота и прочность конструкции
- Минимум движущихся частей, и как следствие высокая надежность конструкции
- Возможность использования единой концепции для выключателей от 72,5 кВ до 800 кВ
- Благодаря автокомпрессионному принципу гашения электрической дуги требуется незначительное приводное усилие.
- Простота конструкции и долгий срок эксплуатации: подшипники качения в приводном механизме обеспечивают надежную передачу усилий без износа деталей.
- Не требующая обслуживания конструкция.

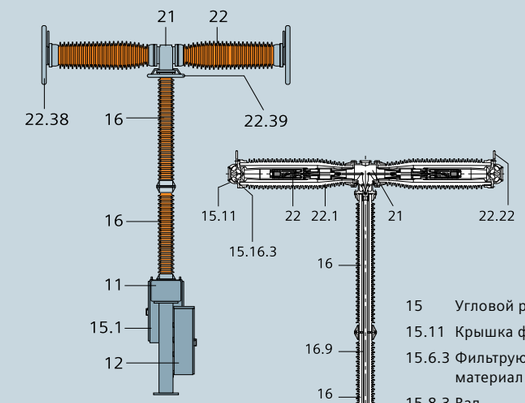
Механизм завода пружины оснащен износостойкими прямозубыми шестернями, обеспечивающими разъединение без значительных механических нагрузок. Для особых технических требований, например, для номинального тока короткого замыкания 80 кА компания Siemens может предложить выключатели с двумя соплами серии 3AQ или 3AT с электрогидравлическим приводом.



1 Соленоид включения
2 Эксцентрик
3 Поворотный механизм
4 Приводная тяга
5 Шатун пружины включения
6 Шатун пружины отключения
7 Пружина включения
8 Рукоятка ручного взвода пружины включения
9 Механизм взвода пружины включения
10 Вал взвода пружины включения
11 Рычаг с роликами
12 Буфер включения
13 Вал включения
14 Буфер отключения
15 Соленоид отключения
16 Корпус привода
17 Пружина отключения

Рис. 3. Привод

Рис. 5. Полюс выключателя 3AP4 на 800 кВ



11 Основание
12 Шкаф управления
15.1 Шкаф привода
16 Опорный изолятор
21 Промежуточный редуктор
22 Дугогасительная камера
22.38 Кольцо для защиты от коронирования
22.39 Кольцо для защиты от коронирования

15 Угловой редуктор
15.11 Крышка фильтра
15.6.3 Фильтрующий материал
15.8.3 Вал
15.9 Рычаг
16 Опорный изолятор
16.9 Приводная штанга
21 Промежуточный редуктор
22 Дугогасительное устройство
22.1 Фарфоровая рубашка
22.22 Вывод высокого напряжения

Рис. 6. Выключатель 3AP2FI на 550 кВ

Рис. 7. Полюс выключателя 3AP2FI

Блок дугогасящего устройства с автокомпрессионным принципом гашения дуги

Путь тока
Путь тока в дугогасящем устройстве – кронштейн контакта (2), основание (7) и подвижный контактный цилиндр (6). В закрытом положении ток проходит через главный контакт (4) и контактный цилиндр (6) (рис. 2).

Отключение рабочего тока
При отключении сначала размыкается главный контакт (4), и ток переходит к замкнутому дугогасительному контакту. При дальнейшем размыкании открывается дугогасительный контакт (5) и между контактами возникает дуга. Одновременно контактный цилиндр (6) двигается в основание (7) и сжимает расположенный там газ SF_6. Это сжатие газа создает поток газа через контактный цилиндр (6) и сопло (3) к дугогасительному контакту, который гасит дугу.

Отключение тока короткого замыкания
В случае тока короткого замыкания газ SF_6 существенно нагревается на дугогасительном контакте под воздействием энергии дуги. Это приводит к увеличению давления в контактном цилиндре. При дальнейшем размыкании это повышенное давление приводит к тому, что через сопло (3) проходит поток газа, гасящий дугу. В этом случае энергия дуги используется для отключения тока короткого замыкания.

Основные особенности:
- Автокомпрессионная дугогасительная камера;
- Использование тепловой энергии дуги;
- Минимальная энергия привода;
- Высокая надежность на протяжении долгого времени.

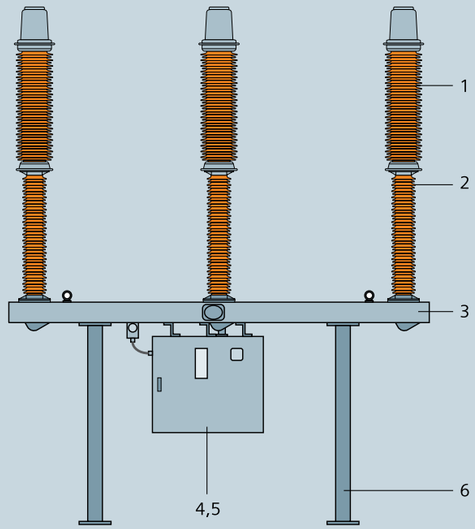
Привод
Пружинный механизм
Выключатели Siemens для напряжения до 800 кВ оснащены пружинными приводами. Эти привода основаны на том же принципе, который на протяжении десятилетий доказал свою эффективность в выключателях низкого и среднего напряжения производимых концерном Siemens. Конструкция является простой и надежной, с минимальным количеством движущихся частей и высоконадежной запорной системой с виброизоляцией. Все компоненты приводного механизма, оборудование управления и контроля, выводов кабелей удобно и компактно расположены в одном шкафу.

Рис. 4. Шкаф управления

В зависимости от конструкции привода энергия, необходимая для переключения, передается от отдельных пружин сжатия (например, одна на полюс) или пружинами, действующими одновременно на три полюса.

Основные особенности:
- Простая надежная конструкция с минимальным количеством двигающихся частей;
- Не требует обслуживания;
- Антивибрационные замки;
- Включение и отключение выключателя без усилий;
- Легкий доступ к элементам управления;
- 10000 циклов срабатывания.

Принцип действия приводного механизма идентичен для выключателей различных типов (рис. 3, рис. 4). Различия между приводами заключаются в количестве, размере и расположении пружин включения и отключения.



1 Дугогасительное устройство
2 Опорный изолятор
3 Основание
4 Шкаф управления
5 Корпус приводного механизма
6 Опорная стойка

Рис. 8. Выключатель 3AP1FG-145 кВ с трехполюсным управлением

Рис. 9: 3AP1 FG 145 кВ

Колонковые выключатели для напряжений 72,5 кВ – 800 кВ

Колонковые выключатели

Все выключатели имеют одинаковую модульную конструкцию, (см. рис. 5–9). Она включает в себя следующие основные компоненты:

- Автокомпрессионное дугогасительное устройство;
- Привод;
- Опорный изолятором;
- Приводная штанга;
- Основание выключателя;
- Устройство управления.

Простая конструкция выключателей и использование большого количества стандартных компонентов, например, дугогасительных устройств, приводных штанг, шкафов управления и приводов гарантирует высокий уровень надежности. Надежность конструкции обусловлена многолетним опытом, накопленный компанией Siemens. Так, например, автокомпрессионный принцип гашения дуги, доказал свою надежность в более чем 100000 устройств по всему миру.

Устройство управления включает в себя все необходимое для контроля и управления выключателем, как то:

- Датчики давления/плотности SF_6;
- Реле для сигнализации и блокировки;
- Счетчики числа срабатывания (по желанию);
- Устройство местного управления выключателем (по желанию);
- Антиконденсатный обогрев.

Транспортировка, установка и ввод в эксплуатацию осуществляются высококвалифицированными специалистами. Для перевозки после проведения заводских испытаний выключатель разбирается на несколько блоков.

По желанию заказчика для установки и ввода в эксплуатацию оборудования Siemens предоставляет высококвалифицированных шефинженеров.

Тип	3AP1						3AP2/3		3AP4/5
Номинальное напряжение [кВ]	72.5	123	145	170	245	300	420	550	800
Кол-во разрывово на полюс	1						2		4
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты [кВ]	140	230	275	325	460	460	610	800	830
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса [кВ]	325	550	650	750	1,050	1,050	1,425	1,550	2,100
Испытательное напряжение коммутационного импульса [кВ]	–	–	–	–	–	850	1,050	1,175	1,425
Номинальный ток, макс. [A]	2,500	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	5,000	5,000
Ток термической стойкости (1с – 3с), макс. [кА]	31.5	40	40	40	50	40	63	63	63
Начальное действующее значение периодической составляющей тока динамической стойкости, макс. [кА ср. кв.]	31.5	40	40	40	50	40	80	63	63
Диапазон температур [°C]	– 60 до + 55								
Номинальная рабочая последовательность	0-0.3 с-СО-3 мин-СО или СО-15 с-СО								
Количество циклов	3 цикла						2 цикла		
Рабочая частота [Гц]	50/60								
Эксплуатация до среднего ремонта	25 лет								

Тип	3AV1
Номинальное напряжение [кВ]	72.5
Кол-во разрывов на полюс	1
Номинальный ток, макс. [A]	2,500
Ток термической стойкости (1с – 3с), макс. [кА]	31.5
Начальное действующее значение периодической составляющей тока динамической стойкости, макс. [кА ср. кв.]	31.5
Номинальная частота [Гц]	50
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты [кВ]	140
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса [кВ]	325
Длительность протекания тока КЗ [с]	3
Наибольший пик тока динамической стойкости [кАпик.]	85
Коэффициент первого гасящего полюса [о.е.]	1.5/1.3
Емкостный коэффициент напряжения [о.е.]	1.4
Диапазон температур [°C]	– 55 до + 40
Эксплуатация до среднего ремонта	25 лет
Изолирующая среда	N_2
Остальные параметры по запросу	

Таблица 1. Технические данные выключателей 3AP1, 3AP2, 3AP4 и 3AV1

Рис. 11. Выключатель 3AP1DT-145

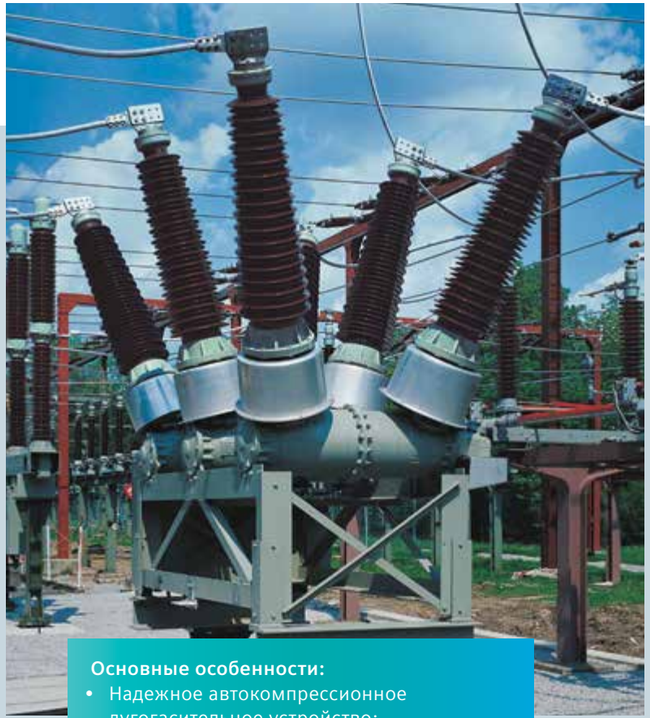


Рис. 10. Выключатель SPS2 72,5 кВ

Баковые выключатели 72,5 кВ – 550 кВ

Баковые выключатели

Кроме колонковых выключателей компания Siemens готова предложить клиентам баковые выключатели. Основной особенностью бакового выключателя является то, что дугогасительное устройство размещено в заземленном металлическом корпусе. Отличительной особенностью баковых выключателей является возможность установки на вводах трансформаторов тока Компания Siemens предлагает баковые выключатели с различными характеристиками (рис. 10, рис. 11).

Основные особенности:

- Надежное автокомпрессионное дугогасительное устройство;
- Высокий коммутационный ресурс при номинальном токе и токе КЗ – даже после большого количества срабатываний;
- Идентичная конструкция для всех уровней напряжения;
- Простой, надежный и эффективный в эксплуатации пружинный привод;
- Экономичность и долговечность;
- 25 лет до среднего ремонта
- Близость к заказчику;
- Документация в соответствии с требованиями заказчика;
- Шефмонтаж;
- Постпродажное гарантийное обслуживание по всему миру;
- Консультации во всех вопросах передачи электроэнергии;
- Более 40 лет опыта работы с выключателями с изоляцией SF_6;
- Сертификация по ISO 9001, включая проектирование, производство, продажу, установку и постпродажное обслуживание;
- Наши баковые выключатели производятся в соответствии с последней редакцией стандартов IEC 62271-1, IEC 62271-100 и ANSI C37.04, ANSI C37.06, C37.09;
- Испытательные лаборатории аккредитованы в соответствии с EN 45001 и PEHLA/STL.

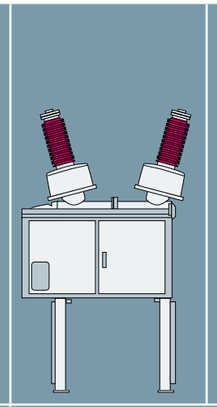
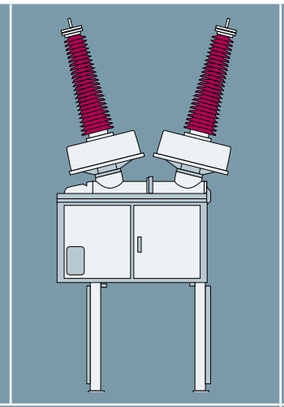
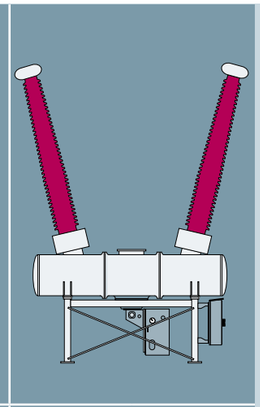
Технические характеристики							
							
Тип	**3AP1 DT / SPS2**					**3AP2/3 DT / SPS2**	
Номинальное напряжение [кВ]	72.5	123	145	245	362	362	550
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты [кВ]	140 / 160	230 / 260	275 / 310	460	520	520	800 / 860
Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса [кВ]	325 / 350	550	650	1,050	1,380	1,380	1,865 / 1,800
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса [кВ]	–	–	–	–	950	950	1,175
Номинальный рабочий ток, макс. [A]	3,150	3,150	3,150	3,150	5,000	4,000	4,000 / 5,000
Номинальный ток отключения [кА]	40	40	63	90	63	80	63
Тип приводного механизма	Пружинный						

Таблица 2. Технические характеристики баковых выключателей

Баковый выключатель

Тип SPS2 и 3AP DT

Выключатели типа SPS2 (таблица 2) используются в США в соответствии с требованиями ANSI (Национальный институт стандартизации США); выключатели 3AP DT отвечают требованиям IEC (Международная электротехническая комиссия).
Оба типа спроектированы как специальные выключатели для использования при максимальном номинальном напряжении от 72,5 кВ до 550 кВ.

Конструкция

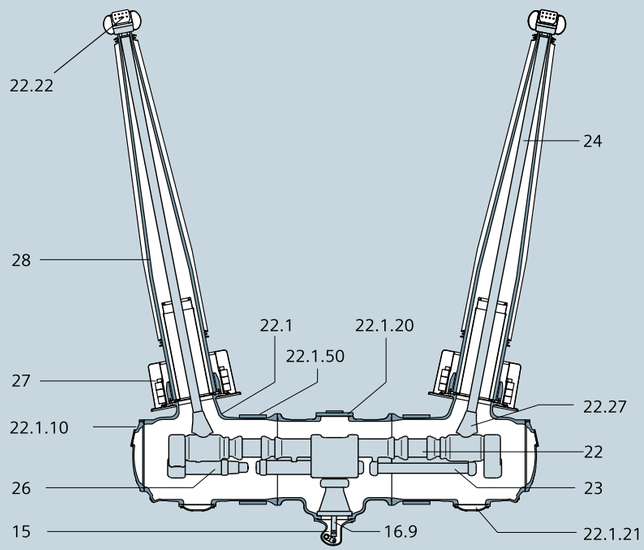
Баковый выключатель (за исключением версии для 550 кВ) состоят из трех идентичных полюсных блоков, устанавливаемых на общую раму основания. Привод типа FA посредством системы шестеренок и рычагов приводит в движение контакты выключателя каждой фазы.

Соединение с воздушной линией электропередачи и шинами осуществляется посредством воздушных вводов с изоляцией SF_6. Изоляторы изготавливаются из фарфора или композитных материалов (трубка из стекловолокна, пропитанная эпоксидной смолой с юбкой из силиконового каучука).

Корпус и вводы заполнены элегазом (SF_6) с номинальным давлением 6,0 бар. Элегаз используется для изоляции и гашения дуги.

Выключатель 3AP2/3-DT для напряжения 550 кВ (рис. 12, рис. 13) включает два последовательно включенных блока дугогасительных устройств. Надежная система дугогашения Siemens обеспечивает бесперебойную работу, стабильное гашение дуги и длительный срок эксплуатации даже при высокой частоте коммутации.

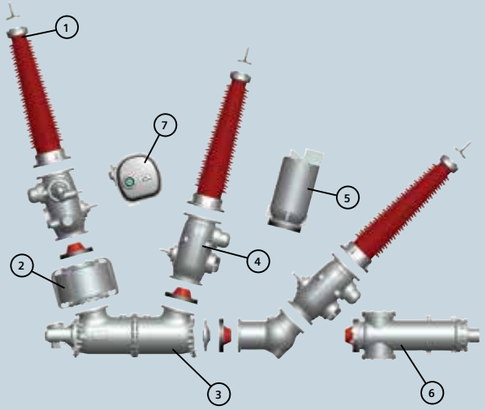
Благодаря постоянному совершенствованию конструкции, оптимизации и непрерывному контролю качества автокомпрессионное дугогасительное устройство Siemens отвечают всем требованиям,предъявляемым к современному высоковольтному оборудованию.



15 Поворотный механизм
16.9 Коммутационная штанга
22 Дугогасительное устройство
22.1 Корпус
22.1.10 Крышка
22.1.20 Крышка с предохранительной мембраной
22.1.21 Крышка с фильтрующим материалом
22.1.50 Обогрев баков
22.22 Аппаратные клеммы
22.27 Розеточный контакт
23 Шунтирующий конденсатор
24 Токоведущий стержень
26 Шунтирующий резистор
27 Трансформатор тока
28 Изолятор ввода

Рис. 12. Устройство выключателя 3AP2/3-DT

Рис. 13. Полюс 3AP2 DT на 550 кВ



1 Высоковольтный воздушный ввод
2 Трансформатор тока
3 Дугогасительное устройство автокомпрессионного типа
4 Трехпозиционный разъединитель-заземлитель
5 Трансформатор напряжения
6 Высоковольтный кабельный ввод
7 Быстродействующий заземлитель

Рис. 14. Возможные компоненты 3AP1 DTC

Шкаф управления, устанавливаемый на одном стороне выключателя, включает в себя пружинный привод и компоненты управления выключателем. Дугогасительные устройства расположены в алюминиевом корпусе каждого полюсного блока.

В конструкции дугогасительных устройств используется современная автокомпрессионная система Siemens.

Конструкция пружинного привода аналогична конструкции, используемой в колонковых выключателях Siemens, комплектных распределительных устройств и компактных распределительных устройствах. Эта конструкция используется без нареканий на протяжении более 10 лет.

Выключатели могут быть укомплектованы проходными трансформаторов тока (в некоторых случаях до шести на фазу). Эти трансформаторы, установленные в отдельном алюминиевом корпусе на баках выключателя, и для выключателей на номинальное напряжение свыше 145 кВ могут быть заменены без снятия вводов.

Приводной механизм

В выключателях типа SPS2 и 3AP1/2 DT используется привод типа FA со свободным механическим и электрическим расцеплением. Пружины отключения и включения работают в режиме «О-В-О».
Защищенный от атмосферного воздействия шкаф управления (уровень защиты IP55) имеет большую дверь с резиновым уплотнением для свободного доступа во время проверки и обслуживания.
Появление конденсации предотвращается при помощи нагревателей, поддерживающих необходимую разницу температуры снаружи и внутри шкафа, а также посредством вентиляции.

Система управления включает все вспомогательные технические компоненты, необходимые для работы выключателя. Клеммные зажимы трансформатора тока также расположены в шкафу управления.

Возможны различные варианты управления, блокировки, электродвигателей и обогрева. В зависимости от требований заказчика предлагаются две стандартные версии управления.

Основная версия

Основной вариант включает все элементы контроля и управления, необходимые для работы выключателя. Помимо элементарных функций включения, сюда относятся:

- 19 вспомогательных переключающих контактов (9 нормально открытых и 9 нормально закрытых, 1 проскальзывающий контакт);
- Счетчик количества срабатывания;
- Кнопки местного управления.

Компактная версия

Помимо функций основной версии этот тип включает:

- Мониторинг взвода пружины посредством мониторинга времени работы электродвигателя;
- Мониторинг обогрева (реле измерения тока);
- Осветительная арматура и розетка с общим выключателем для упрощения обслуживания;
- Защита от повышенного напряжения;
- Токовая защита электродвигателя;
- Токовая защита обогрева.

Рис. 16. 3AP1 DTC 245 кВ

Рис. 15. 3AP1 DTC 145 кВ

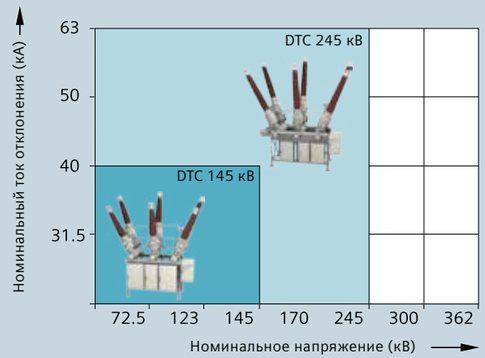


Рис. 17. DTC, трехполюсного или пополюсного управления

Рис. 18. Выключатель 3AP1 DTC для 145 кВ
с трансформатором напряжения и кабельным вводом

Основные особенности и характеристики:

- Простое заполнение и контроль SF_6; возможен один газовый объем (изоляция дополнительно);
- Возможность применения в ограниченных пространствах и суровых климатических условиях, например, при температуре до -55°C;
- Пополюсная конструкция (каждая фаза в отдельном корпусе): исключается трехфазное КЗ; быстрая замена одного полюса (запасная часть: один полюс);
- Безопасность и надежность может быть повышена за счет изолированных газовых отделений, например, между выключателем и разъединителем;
- Модуль в сборе может подниматься автопогрузчиком;
- Быстрая установка и ввод в эксплуатацию: простая сборка полностью готовых и испытанных модульных блоков;
- Низкая потребность в эксплуатационном персонале: первый основной технический осмотр через 25 лет;
- Срок эксплуатации – до 50 лет;
- Кроме трехполюсного, возможен пополюсный вариант управления (рис. 17).

DTC – Компактное распределительное устройство – распределительное устройство для напряжения до 245 кВ

Гибридная конструкция

Гибридная конструкция включает компоненты с SF_6 внутри корпуса и устройства с воздушными и (или) кабельными вводами. Применение компонентов с газовой изоляцией повышает надежность распределительного устройства. По результатам анализа CIGRE, компоненты с газовой изоляцией в четыре раза надежнее компонентов с воздушной изоляцией. Необходимость применения коммутационных аппаратов с элегазовой изоляцией определяется конкретными требованиями подстанции, а также бюджетом заказчика. Это приводит к оптимизации инвестиций и позволяет также использовать устройства с воздушной изоляцией.

Модульная конструкция

Основываясь на проверенной модульной концепции, в важнейших узлах DTC применены компоненты известных и хорошо себя зарекомендовавших наших высоковольтных выключателей, разъединителей, а также семейства комплектных элегазовых распределительных устройств (КРУЭ).

Используемые компоненты:

- Автокомпрессионная дугогасительная камера выключателей типа 3AP;
- Пружинный привод выключателей типа 3AP;
- Узел разъединитель/заземлитель, применяемый в КРУЭ типа 8DN8 и 8DN9;
- Заземлитель открытой установки применяемый на разъединителях семейства Siemens (рис. 14 и рис. 15).

Более чем 100 тысяч наших компонентов обеспечивают бесперебойное электроснабжение более чем в 100 странах мира, являясь залогом успеха в безнесе и подтверждая преимущества перед нашими конкурентами.

Благодаря компактной конструкции, а также многообразию возможных вариантов DTC при разработке проектов могут быть реализованы различные схемы подстанций с минимальными затратами.

Обычно в DTC используются следующие модули:

- Выключатель с однополюсным или трехполюсным приводным механизмом;
- Трехпозиционный разъединитель/заземлитель, высокоскоростной быстродействующий заземлитель;
- Трансформатор тока, трансформатор напряжения и система индикации напряжения;
- Кабельные воды различной конфигурации;
- Воздушные вводы с изоляторами из фарфора или композитных материалов;
- Дополнительная изоляция газовых отсеков с контролем плотности SF_6 по желанию;
- Модули двойных выключателей для ультракомпактной конструкции подстанций;
- Возможны различные комбинации модулей, например, модуль разъединителя с модулем трансформатора напряжения.

Высоковольтное компактное распределительное устройство	3AP1 DTC	
Номинальное напряжение [кВ]	145	245
Номинальный ток [A]	3,150	4,000
Номинальная частота [Гц]	50/60	50/60
Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса [кВ]	650	1050
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты [кВ]	275	460
Номинальный ток отключения (3 с) [кА]	40	63
Наибольший пик тока динамической стойкости [kA]	108	170

Таблица 3. Технические характеристики 3AP1 DTC

Рис. 19. 3AP1 DCB для 145 кВ

Рис. 20. Механическая блокировка 3AP2 DCB

Наименование параметра		3AP1 DCB	3AP2 DCB
Номинальное напряжение	[кВ]	145	420
Кол-во блоков разрывов на полюс		1	2
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты	[кВ]	275/315	520/610
Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса	[кВ]	650/750	1,425/1,665
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	[кВ]	нет	1,050/1,245
Номинальный рабочий ток, макс.	[A]	3,150	4,000
Номинальный ток отключения	[кА ср.кв.]	40 (31.5)	40
Температура окружающего воздуха*)	[°C]	-40 ... +40	-40 ... +40
Изоляционная среда		SF_6	SF_6
Классификация CB		M2, C2	M2, C2
Классификация DS		M2	M2
Изоляторы		композит **)	композит
Заземлитель (дополнительная опция)		да	нет
Типовое испытание в соответствии с		IEC 62271-108	

*) Другие значения температуры окружающего воздуха по запросу
**) Или фарфор

Таблица 4. Технические характеристики 3AP DCB

Рис. 21 3AP2 DCB 420 кВ

Стандарт

Международный стандарт IEC 62271-205 распространяется на компактные распределительные устройства для номинального напряжения свыше 52 кВ. Для гибридной концепции используется термин «распределительное устройство с комбинированной технологией» (MTS).

Наши компактные распределительные устройства прошли типовые испытания в соответствии с вышеуказанным стандартом.

У нас имеется одна из самых современных испытательных лабораторий, прошедшая сертификацию и входящая в Европейскую сеть независимых испытательных организаций (PEHLA).

Высокое качество наших выключателей также подтверждается другими международными испытательными лабораториями (KEMA, CESI) (рис. 18, таблица 3).

DCB – разъединяющий выключатель

Одно устройство – две функции

В распределительном устройстве одни и те же изоляторы используются как для выключателя, так и для разъединителя.

С целью уменьшения воздействия на окружающую среду компания Siemens на базе колонкового элегазового выключателя разработала комбинированное устройство. Это комбинированное устройство получило название DCB (разъединяющий выключатель) и используется как выключатель и разъединитель, объединяя две функции (рис. 19, 21).

Устройство DCB разработано на основе популярного стандартного выключателя 3AP и прошло типовые испытания в соответствии с требованиями IEC 62271-108 для разъединяющих выключателей. В газовых выключателях отсутствует видимый разрыв (положение отключено). Кинематика DCB проходит строжайшую проверку. Самое пристальное внимание было уделено разработке механической блокировки, которая гарантирует, что выключатель остается в разомкнутом положении, и лишь только после этого возможны операции с разъединителем.

При включенной механической блокировке невозможно включить выключатель. Возможно также электрическое управление DCB. В данном аппарате предусмотрены хорошо заметные индикаторы положения.

Кроме того, на опорную конструкцию возможна установка заземляющих ножей. Заземляющие ножи управляются надежным приводом и не требуют обслуживания контактной системы.

Разъединяющие выключатели прошли типовые испытания по классу M2 и C2 IEC 62271-108, специального стандарта для комбинированных переключающих устройств.

В DCB нашли отражения все наши передовые технологии в производстве коммутационных аппаратов. Эти устройства удовлетворяют потребности эксплуатирующих организаций в части высочайшей надежности и безопасности при экономии пространства и средств (таблица 4).

Особенности и характеристики

- Максимальная надежность благодаря использованию хорошо зарекомендовавших себя компонентов выключателей и разъединителей Siemens;
- Максимальная работоспособность благодаря большим межремонтным интервалам;
- Экономичное, компактное решение, реализуемое через объединение выключателя и разъединителя в одном устройстве;
- Минимизация расходов на транспортировку, обслуживание, установку и ввод в эксплуатацию, а также строительные работы (фундамент, стальные конструкции, кабельные каналы и пр.);
- Компактное и интеллектуальное устройство блокировки и индикации положения;
- Возможность поставки, как с заземляющими ножами, так и без них;
- Изоляторы из фарфора или композитных материалов (рис. 19).

Рис. 22. Горизонтально-поворотный разъединитель

Рис. 23. Контакты главных ножей разъединителя

Высоковольтные разъединители и заземлители

Общие сведения

Разъединители являются важной частью электрических подстанций. Они предназначены для создания видимого разрыва электрической цепи.

Современные производственные технологии и инвестиции в наши производственные предприятия по всему миру гарантируют неизменное качество продукции и технологических процессов в соответствии с высочайшими стандартами Siemens.

Разъединители Siemens удовлетворяют потребности заказчика в низких эксплуатационных расходах, высочайшей надежности и экономичности благодаря следующим особенностям:

- Поставка сборочных блоков, прошедших заводскую проверку и предварительную настройку;
- Простота монтажа и ввод в эксплуатацию;
- Не требующие обслуживания подшипники и контактная система;
- Техническая поддержка в процессе всего срока эксплуатации;
- Контактные системы доказали свою надежность на протяжении десятилетий эксплуатации.

Основные особенности:

- Контактное давление без применения пружинных элементов;
- Легкая замена контактных частей без дополнительных регулировок;
- На поверхность контактов нанесены слой серебра и графита;
- Самоочищающаяся контактная поверхность;
- Контактная система не требует обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации;
- Разъединитель работает при толщине стенки гололеда до 20 мм.

Надежность разъединителей и заземлителей Siemens на протяжении многих десятилетий обеспечивается заводскими испытаниями и применением многоуровневой системы контроля качества, сертифицированной в соответствии с DIN EN ISO 9001.

1 Подвижный контакт
2 Угловой редуктор
3 Опорный изолятор
4 Вращающийся изолятор
5 Приводной механизм

Рис. 24. Основные компоненты пантографного разъединителя

Рис. 25. Пантографный разъединитель

Горизонтально-поворотные разъединители

Горизонтально-поворотный разъединитель – это наиболее часто используемый тип разъединителя. К раме разъединителя прикреплен приводной механизм и два вращающихся блока. Каждый вращающийся блок включает два высококачественных шаровых подшипника и предназначен для больших механических нагрузок, опорный изолятор и токоведущий контакт. Подшипники и контакты смазаны и не требуют обслуживания на всем протяжении срока эксплуатации (рис. 22). Токовая цепь горизонтально-поворотного разъединителя состоит всего из нескольких компонентов, таким образом, сопротивление контактов сведено к минимуму. Контактная система обеспечивает стабильное контактное усилие даже после десятилетий эксплуатации (рис. 23).

Пантографные разъединители

Этот тип обычно используется в распределительных устройствах, с двойной системой шин, совместно с шиносоединительным выключателем, и для присоединения линий к секциям шин.

Основные компоненты пантографного разъединителя (рис. 24):

- Подвижный контакт (1);
- Неподвижный контакт;
- Угловой редуктор (2);
- Опорный изолятор (3);
- Вращающийся изолятор (4);
- Приводной механизм (5).

Приводной механизм через вращающийся изолятор приводит в движение подвижный контакт. Геометрия пантографа обеспечивает оптимальные рабочие характеристики.

Контактное нажатие регулируется на заводе и остается неизменным на всем протяжении эксплуатации. Разъединитель способен совершать операции «включение» и «отключение» при толщине стенки гололеда до 20 мм.

В обоих конечных положениях разъединителя вращающийся рычаг в несущей раме переключается за пределы мертвой точки. Положение переключателя не может быть изменено под воздействием внешних сил. Жесткость перекрестных ветвей предотвращает открытие при коротком замыкании.

Рис. 26. Разъединитель с двойным разрывом и встроенным грозозащитным разрядником

Рис. 27. Полупантографный разъединитель

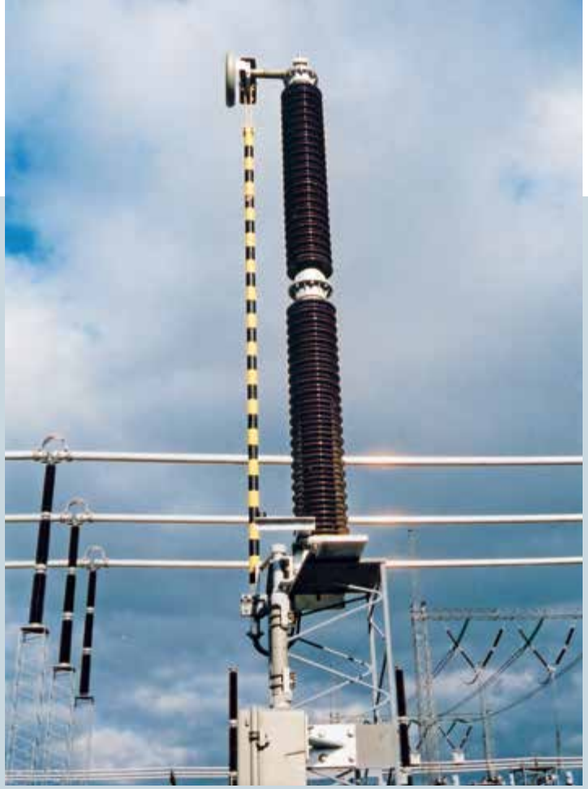


Рис. 28. Отдельно стоящий заземлитель

Пантографные разъединители с номинальным напряжением от 123 кВ до 362 кВ могут оснащаться групповыми приводными механизмами или 1-полюсными приводными механизмами.

Разъединители рубящего типа

Разъединитель рубящего типа размыкает токовую цепь вертикально, и как следствие возможно уменьшение межфазового расстояния (рис. 25).

Токовая цепь осуществляет два движения:

- Вертикальное рубящее движение;
- Вращательное движение вокруг своей продольной оси.

Вращательное движение порождает контактное усилие и разбивает потенциальные отложения льда. В обоих конечных положениях вращающийся рычаг переходит за «мертвую точку». Вследствие, чего исключена возможность самопроизвольного включения разъединителя.

Изоляционный промежуток между опорным изолятором и вращающимся изолятором обеспечивает диэлектрическую прочность параллельной изоляции даже в условиях соляного тумана.

Подвижная часть токовой цепи является единым блоком, настроенным и испытанным на заводе. Это обеспечивает простоту монтажа и ввода в эксплуатацию.

Разъединители с двойным разрывом

Разъединители с двойным разрывом включают три опорных изолятора. Центральный опорный изолятор установлен на вращающемся блоке. На этом изоляторе установлены подвижные токоведущие контакты.

Оба концевых опорных изолятора являются стационарными.

Разъединители с двойным разрывом, в основном, применяются на подстанциях со стесненными условиями, и там, где вертикальный разрыв токовой цепи невозможен. Разъединитель также может объединить с грозозащитным разрядником (рис. 26).

При номинальном напряжении разъединителя до 245 кВ роль подвижных контактов разъединителей с двойным разрывом выполняет токоведущая труба, а неподвижные контакты представлены контактными блоками. Токоведущая труба осуществляет горизонтальное вращательное движение, при этом электрический контакт обеспечивается в контактных блоках.

При номинальных напряжениях выше 245 кВ на концах токоведущих труб установлены специальные контакты специальной конструкции. Контактные штыри являются частью фиксированных контактов. Токоведущая труба с контактами специальной конструкции осуществляет горизонтальное вращательное движение, при этом электрический контакт обеспечивается в контактных блоках.

Полупантографные разъединители

Этот тип разъединителей характеризуется наименьшими требованиями к горизонтальному и вертикальному пространству. Полупантографный разъединитель имеет два неподвижный и один вращающийся изолятор. Благодаря конструкции со складывающимися подвижным контактом требуется минимальное пространство в вертикальной плоскости. (рис. 27).

Заземлители

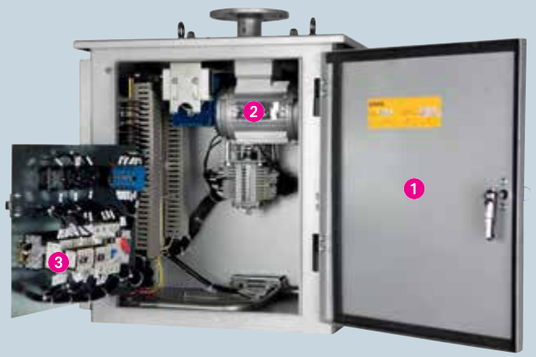
Заземлитель – однополюсный коммутационный аппарат, предназначенный для заземления нейтрали силового трансформатора (рис. 28)

Отдельно стоящие заземлители используются для всех уровней напряжения до 800 кВ.

Все разъединители производства Siemens AG могут комплектоваться встроенными заземлителями.

При желании все заземлители могут изготавливаться для заземления токоведущих частей с наведенным потенциалом индуктивного и емкостного тока в соответствии с IEC 62271-102, класс A или класс B.

3DV8



MA6/7

Steel, spray-zinc and painted (3DV8) / cast-aluminum housing (MA6/7) with door (1) – degree of protection IP55; gear unit (2) with motor; electrical equipment with auxiliary switch (3)

Рис. 29. Приводной механизм

Приводные механизмы с электродвигателями
Приводные механизмы с мотором состоят из трех основных блоков:

- Алюминиевый корпус;
- Электродвигатель с редуктором;
- Элементы цепей управления разъединителем (заземлителем).

При исчезновении электропитания двигателя возможно ручное оперирование разъединителем (заземлителем) посредством рукоятки. Приводной механизм с мотором также может управляться вручную посредством рукоятки, которая вставляется в специальное отверстие в приводе. При установке рукоятки цепь питания электродвигателя в целях безопасности автоматически блокируется. Для предотвращения образования конденсата в приводе установлены электронагреватели (рис. 29).

В приводе для сигнализации положения разъединителя, на вал редуктора, установлен вспомогательный выключатель с контактами (нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми).

При подаче сигнала на включение (или отключение) на электродвигатель подается напряжение. Через редуктор происходит передача вращательного движения на вал разъединителя (заземлителя). Одновременно с этим происходит замыкание-размыкание контактов вспомогательного выключателя. После достижения разъединителем конечной позиции включено (или отключено) срабатывает концевой выключатель и электродвигатель обесточивается. Контакты вспомогательного выключателя размыкаются (замыкаются).

Эта последовательность гарантирует, что индикация замкнутого (разомкнутого) положения происходит только после блокировки разъединителя (механической, электромагнитной и электрической).

Сведения о разъединителях производства Siemens представлены в таблицах 5-9.

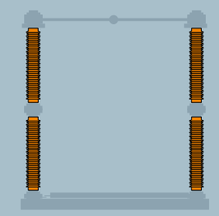
Технические характеристики									
Конструкция	Горизонтально-поворотный								
Номинальное напряжение	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин									
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	140 160	230 265	275 315	325 375	460 530	380 435	450 520	520 610	620 800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	325 375	550 630	650 750	750 860	1,050 1,200	1,050 1,050 (+170)	1,175 1,175 (+205)	1,425 1,425 (+240)	1,550 1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	– –	– –	– –	– –	– –	850 700 (+245)	950 800 (+295)	1,050 900 (+345)	1,175 900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс. [А]	4000								
Ток электродинамической стойкости,макс. [кА]	160								
Ток термической стойкости, макс. [кА]	63								
Длительность тока термической стойкости [с]	1/3								
IТолщина стенки гололеда [мм]	10/20								
Диапазон рабочих температур [°C]	–60/+55								
Тип приводного механизма	Электродвигательный/Ручной								
Управляющее напряжение [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Гц								
Напряжение электродвигателя [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 110/125/220, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц								
Первый средний ремонт	через 25 лет								
Остальные параметры по запросу.									

Таблица 5. Горизонтально-поворотные разъединители

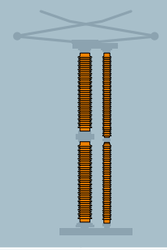
Технические характеристики								
								
Конструкция	Пантографный							
Номинальное напряжение	123	145	170	245	300	362	420	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	230 265	275 315	325 375	460 530	380 435	450 520	520 610	620 800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	550 630	650 750	750 860	1,050 1,200	1,050 1,050 (+170)	1,175 1,175 (+205)	1,425 1,425 (+240)	1,550 1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	– –	– –	– –	– –	850 700 (+245)	950 800 (+295)	1,050 900 (+345)	1,175 900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс. [А]	5000							
Ток электродинамической стойкости,макс. [кА]	200							
Ток термической стойкости, макс. [кА]	80							
Длительность тока термической стойкости [с]	1/3							
Толщина стенки гололеда [мм]	10/20							
Диапазон рабочих температур [°C]	–60/+50							
Тип приводного механизма	Электродвигательный/Ручной							
Управляющее напряжение [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Гц							
Напряжение электродвигателя [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 110/125/220, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц							
Первый средний ремонт	через 25 лет							
Остальные параметры по запросу.								

Таблица 6. Пантографные разъединители

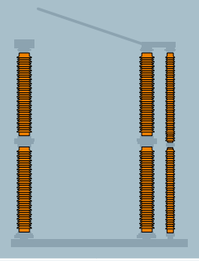
Технические характеристики								
								
Конструкция	Рубящий							
Номинальное напряжение	123	145	170	245	300	362	420	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	230 265	275 315	325 375	460 530	380 435	450 520	520 610	620 800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	550 630	650 750	750 860	1,050 1,200	1,050 1,050 (+170)	1,175 1,175 (+205)	1,425 1,425 (+240)	1,550 1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	– –	– –	– –	– –	850 700 (+245)	950 800 (+295)	1,050 900 (+345)	1175 900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс. [А]	5000							
Ток электродинамической стойкости,макс. [кА]	160							
Ток термической стойкости, макс. [кА]	63							
Длительность тока термической стойкости [с]	1/3							
ІТолщина стенки гололеда [мм]	10/20							
Диапазон рабочих температур [°C]	–60/+50							
Тип приводного механизма	Электродвигательный/Ручной							
Управляющее напряжение [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Гц							
Напряжение электродвигателя [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 110/125/230, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц							
Первый средний ремонт	через 25 лет							
Остальные параметры по запросу.								

Таблица 7. Разъединители рубящего типа

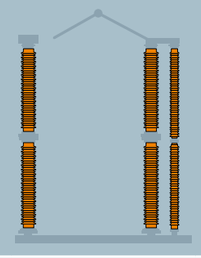
Технические характеристики			
			
Конструкция	Полупантографный		
Номинальное напряжение	123	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин			
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	230 265	620 800	830 1,150
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс			
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	550 630	1,550 1,550 (+315)	2,100 2,100 (+455)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс			
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	– –	1,175 900 (+450)	1,550 1,200 (+650)
Номинальный рабочий ток, макс. [A]	4000		
Ток электродинамической стойкости,макс. [кА]	100	160	160
Ток термической стойкости, макс. [кА]	40	63	63
Длительность тока термической стойкости [с]	1/3		
IТолщина стенки гололеда [мм]	10/20		
Диапазон рабочих температур [°C]	–60/+50		
Тип приводного механизма	Электродвигательный/Ручной		
Управляющее напряжение [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Гц		
Напряжение электродвигателя [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 110/125/230, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц		
Первый средний ремонт	через 25 лет		
Остальные параметры по запросу.			

Таблица 8. Полупантографные разъединители

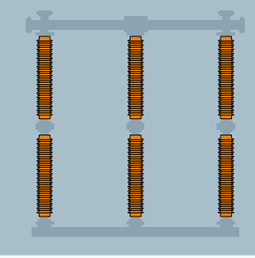
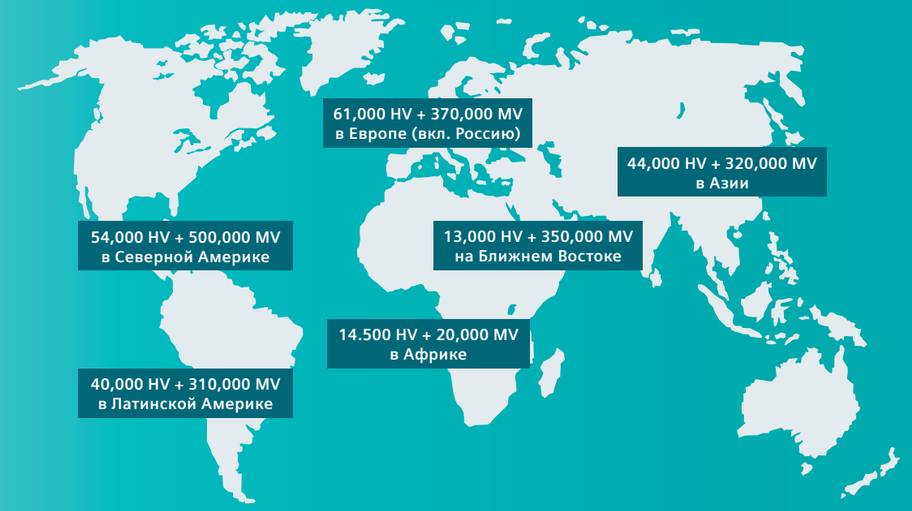
Технические характеристики								
								
Конструкция	Двухразрывный							
Номинальное напряжение	123	145	170	245	300	420	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	230 265	275 315	325 375	460 530	380 435	520 610	450 520	830 1,150
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	550 630	650 750	750 860	1,050 120	1,050 1,050 (+170)	1,425 1,425 (+240)	1,550 1,550 (+315)	2,100 2,100 (+455)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс								
Фаза-земля и фаза-фаза [кВ] Между контактами одной фазы [кВ]	– –	– –	– –	– –	850 700 (+245)	1,050 900 (+345)	1,175 900 (+450)	1,550 1,200 (+650)
Номинальный рабочий ток, макс. [A]	5000							
Ток электродинамической стойкости,макс. [кА]	160							
Ток термической стойкости, макс. [кА]	63							
Длительность тока термической стойкости [с]	1/3							
IТолщина стенки гололеда [мм]	10/20							
Диапазон рабочих температур [°C]	–60/+50							
Тип приводного механизма	Электродвигательный/Ручной							
Управляющее напряжение [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Гц							
Напряжение электродвигателя [В, DC] [В, AC]	60/110/125/220 110/125/230, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц							
Первый средний ремонт	через 25 лет							
Остальные параметры по запросу.								

Таблица 9. Двухразрывный разъединитель

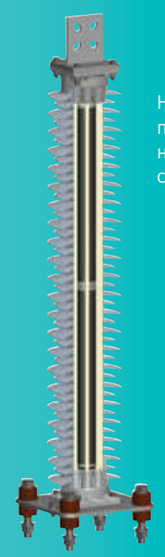
Ограничители перенапряжений (ОПН)

Партнёрские отношения по всему миру

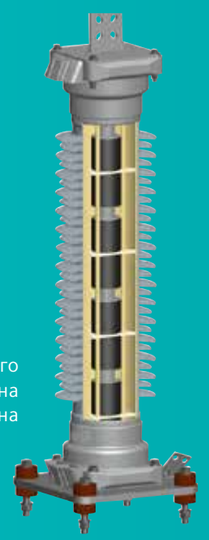
Более 226 500 HV – ОПН высокого напряжения и 1 870 000 MV – ОПН среднего напряжения в эксплуатации по всему миру.



Подтверждение надёжности



Нанесение силиконового покрытия непосредственно на блоки варисторов и стекловолоконные стержни



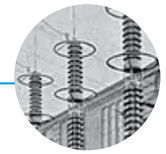
Нанесение силиконового покрытия непосредственно на трубу из стекловолокна

Преимущества для заказчика

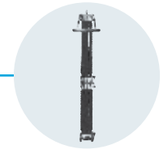
- Защита от влаги наивысшего класса гидрофобности
- Отсутствие пузырьков воздуха и как следствие отсутствие частичных разрядов
- Нестареющие варисторы
- Неизменные характеристики на весь срок эксплуатации

Непрерывные инновации с 1925 года

1925 Сименс разрабатывает первый ОПН на принципе так называемого пониженного катода



1963 Выпущен первый ОПН до 500 кВ. Электродные шайбы заменяются керамическими шунт-резисторами и каскадом искровых промежутков. ОПН включает три параллельные колонки и резистивно-емкостное управление



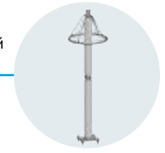
1971 Разработка первого газоизолированного ОПН в металлической оболочке для КРУЭ

1989 Первый высоковольтный ОПН 3EQ2 на напряжение 500 кВ с полимерной изоляцией

1998 Выпуск серии ОПН типа 3EK для распределительных сетей среднего напряжения, которая представила дизайн силиконовой изоляции с непосредственным нанесением на металлооксидные варисторы

2000 Разработка первых ОПН для КРУЭ 800 кВ

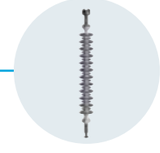
2003 Серия 3EL с силиконовой изоляцией на напряжение до 550 кВ



2008 Первый ОПН с открытым искровым промежутком EGLA для повышения надёжности сетей 144 кВ Северной Кореи

2010 Siemens запускает производство систем мониторинга, инновационное решение с характерными особенностями

2012 На рынок выводится серия 3FL с длинностержневыми изоляторами для защиты от перенапряжений в сетях до 550 кВ



2013 3EQ5 – первый ОПН 1200 кВ Siemens. Разработан, успешно протестирован и поставлен в опытную эксплуатацию на подстанцию в Индии

2016 Запуск в производство силиконово-резиновых ОПН среднего напряжения семейства 3EJ с высокоэнергетической разрядной способностью

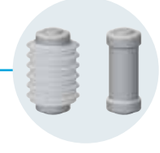


Рис. 31. ОПН в традиционном фарфоровом корпусе; предназначен для номинальных напряжений до 800 кВ

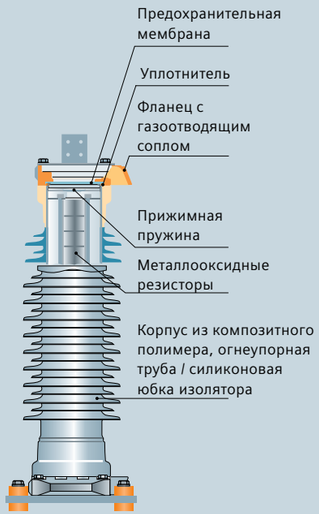


Рис. 32. ОПН в корпусе из полимерного материала с трубочной конструкцией. Вид в разрезе

Рис. 33. ОПН серии 3EL с клеточной конструкцией

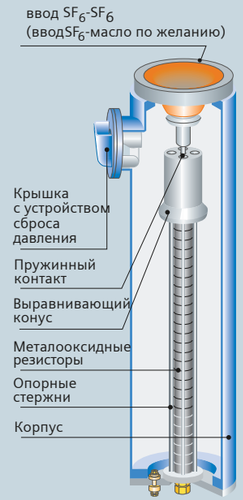


Рис. 34. Газоизолированный ОПН в металлическом корпусе (разрядник GIS)

Рис. 35. ОПН среднего напряжения

Рис. 36. Устройство контроля числа срабатываний ОПН типа ACM

Ограничители перенапряжений (ОПН) – аппараты современного поколения, пришедшие на смену вентильным разрядникам.

ОПН предназначены для защиты электрооборудования распределительных электрических сетей переменного тока с изолированной или компенсированной нейтралью от грозовых и коммутационных перенапряжений в соответствии с их вольт-амперными характеристиками и пропускной способностью.

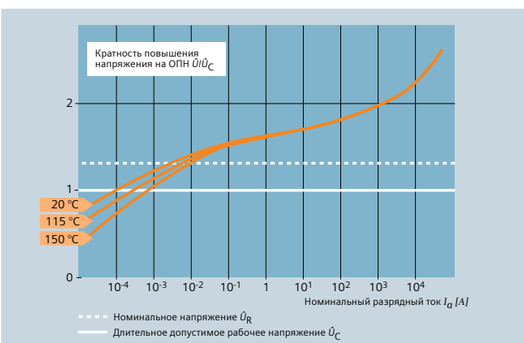


Рис. 30. Зависимость кратности повышения напряжения от разрядного тока для ОПН

Конструктивно ОПН представляет собой нелинейное сопротивление (варистор), заключенный в высокопрочный герметизированный корпус. При возникновении волн перенапряжения сопротивление варисторов изменяется на несколько порядков (от мегомов до десятков Ом) с соответствующим возрастанием тока от миллиампер при воздействии рабочего напряжения до тысяч ампер при воздействии волны перенапряжения. Этим объясняется защитное действие ограничителя перенапряжения, а нелинейная вольтамперная характеристика варисторов позволят реализовать низкий защитный уровень для всех видов перенапряжений и отказаться от использования искровых промежутков, характерных для традиционных разрядников, со всеми вытекающими отсюда преимуществами.

Преимущества ограничителей перенапряжения по сравнению с вентильными разрядниками.

Отсутствие искрового промежутка обеспечивает постоянное подключение ограничителей перенапряжений к защищаемому оборудованию.

По сравнению с вентильными разрядниками ограничители перенапряжений обладают следующими преимуществами:

- глубоким уровнем ограничения всех видов перенапряжений;
- отсутствием сопровождающего тока после затухания волны перенапряжения;
- простотой конструкции и высокой надежностью в эксплуатации;
- стабильностью характеристик и устойчивостью к старению;
- способностью к рассеиванию больших энергий;
- стойкостью к атмосферным загрязнениям;
- малыми габаритами, весом и стоимостью.

Область применения

ОПН применяются для защиты:

- электрооборудования подстанций открытого и закрытого типа;
- кабельных сетей;
- воздушных линий электропередач;
- генераторов, синхронных компенсаторов и электродвигателей сетей собственных нужд электростанций и промышленных предприятий;
- батарей статических конденсаторов и фазокомпенсирующих устройств;
- оборудования электроподвижного состава;
- контактной сети переменного и постоянного тока электрифицированных железных дорог;
- устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог;
- электрооборудования специализированных промышленных предприятий (химической , нефтяной, газовой и др. промышленности).

ОПН предназначены для работы в сетях:

- общего назначения, работающих в режиме эффективного заземления нейтрали;
- распределительных, работающих в режиме с изолированной, компенсированной и резестивно заземленной нейтралью;
- генераторного напряжения;
- собственных нужд электростанций;
- распределительных промышленных предприятий, имеющих специфику производства.

Нелинейные резисторы

Нелинейные резисторы, оксид металла (МО) доказали свою исключительную пригодность для этой цели. Нелинейность МО резисторов достаточно высока. По этой причине существующие в настоящее время МО разрядники, как и разрядники с МО резисторами, не нуждаются в искровых промежутках (рис. 30).

Компания Siemens обладает многолетним опытом производства ОПН.

ОПН используются в электрических системах среднего, высокого и сверхвысокого напряжения. Здесь чрезвычайно важны: высокий уровень защиты и высокая способность поглощения энергии при коммутационном перенапряжении. При высоких напряжениях ОПН имеют преимущества над обычными разрядниками. Еще одним важным достоинством ОПН является их

Рис. 37. ОПН 3EK4 среднего напряжения для распределительных устройств

Рис. 38. Разрядник 3EK7 среднего напряжения для распределительных устройств

высочайшая степень надежности при использовании в зонах с неблагоприятным климатом, например, в прибрежных и пустынных зонах или в зонах с сильным промышленным загрязнением воздуха. Кроме того, некоторые области применения стали возможны только с появлением ОПН. Одной из таких областей является защита конденсаторных батарей компенсации реактивной мощности.

Традиции и инновации

На рис. 31 показан ОПН производства Siemens в традиционном фарфоровом корпусе, технология производства которого отрабатывалась Siemens в течение десятилетий. Компания Siemens также предлагает ОПН с корпусами из полимерных материалов для всех уровней напряжения и механических требований.

Эти разрядники разделяются на две подгруппы:

- Разрядники с клеточной конструкцией™;
- Разрядники с трубочной конструкцией.

На рис. 32 показан разрез ОПН с трубочной конструкцией. Корпус представляет собой трубу из пластика, армированного стекловолокном, с юбками изоляторов из силиконового каучука. Преимуществом этой конструкции, которая тоже имеет устройство сброса давления, как и ОПН в фарфоровом корпусе, является абсолютная безопасность и надежность сброса давления, высокая механическая прочность даже после сброса давления и отличная стойкость к загрязнению. Очень хорошие механические свойства означают, что разрядники Siemens в полимерном корпусе (тип 3EQ) могут также служить опорными изоляторами. Стойкость к загрязнению обусловлена водоотталкивающим свойством (гидрофобность) силиконового каучука.

Новейшие типы полимерных ОПН имеют клеточную конструкцию. При использовании тех же металлооксидных резисторов они обладают теми же отличными электрическими характеристиками, как и ОПН типов 3EP и 3EQ. Разница заключается в том, что механические свойства ОПН типа 3EL (рис. 33) обусловливаются клеткой, состоящей из пластиковых стержней, армированных стекловолокном. Кроме того, весь корпус ОПН покрыт силиконовым каучуком самого высокого качества, что обеспечивает его отличную гидрофобность и устойчивость к любым воздействиям окружающей среды на протяжении всего периода эксплуатации. Конструкция ОПН не только обеспечивает высокую механическую прочность, но также полностью исключает возможность разлета осколков аппарата даже в маловероятном случае перегрузки варисторов, поскольку возникающая при перегрузке варисторов дуга мгновенно выносится за пределы силиконовой изоляции без повреждения несущей конструкции.

Другой тип конструкции представлен ОПН в металлическом корпусе для комплектных распределительных устройств (ОПН GIS, рис. 34). Компания Siemens производит такие ОПН на протяжении более чем 25 лет.

При использовании ОПН GIS в газонаполненных распределительных устройствах, обеспечивается более высокий уровень защиты от перенапряжений, чем при использовании ОПН для наружной установки. Во-первых, они могут устанавливаться ближе к защищаемому устройству, а это обеспечивает более эффективное ограничение воздействия волны перенапряжения. Во-вторых, по сравнению с ОПН наружной установки индуктивность цепи «ОПН - защищаемое оборудование» оказывается. Это значит, что уровень защиты, обеспечиваемый разрядниками GIS, намного выше уровня защиты при других методах, особенно в случае высокочастотных перенапряжений, к которым особенно чувствительны газонаполненный распределительные устройства.

Производство ОПН аттестовано в соответствии со стандартами ISO9001 и ISO14001, ОПН соответствуют стандартам МЭК и ГОСТ.

Мониторинг

Компания Siemens также предлагает широкий ассортимент продукции для диагностики и мониторинга ОПН. Инновационное устройство контроля состояния ОПН показано на рис. 35. Данное устройство выпускается в строгом соответствии со стандартом IEC 61850.

Ограничители перенапряжений низкого и среднего напряжения

Ограничители перенапряжений защищают рабочее оборудование от внешнего перенапряжений, возникающих в результате ударов молнии в воздушные линии электропередачи, а также от внутренних перенапряжений возникающих в результате коммутационных операций или замыкания на землю. Как правило, ОПН устанавливается между фазой и землей. Резисторы изготавливаются из оксида цинка (ZnO). Оксид цинка обладает маленьким электрическим сопротивлением токам высокой частоты, которые возникают вследствие

	Специальное применение	Применение на железной дороге				Распределительные сети среднего напряжения	
	3EF1; 3EF3; 3EF4; 3EF5	3EB2	3EB3	3EC3	3EB4	3EK4	3EK7
Сфера применения	Электродвигатели, сухие трансформаторы, системы освещения аэродромов, ограничители напряжения на корпусе, защита преобразователей для приводов	Контактные подвесные провода постоянного тока	Системы постоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Системы постоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Системы переменного и постоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Распределительные сети и распределительные устройства среднего напряжения	Распределительные сети и распределительные устройства среднего напряжения
Максимальное рабочее напряжение для оборудования (U_m) кВ	12	2	4	4	30	45	72.5
Номинальное напряжение ОПН кВ	15	2	4	4	45/4	36	60
Номинальный разрядный ток кА	1 (3EF1/3) 10 (3EF4/5)	20	20	20	20	10	10
Максимальная удельная рассеиваемая энергия (на кВ Ur) кДж/кВ$_r$	13.0	10.0	26.0	10.0	10.0	н.д.	н.д.
Номинальный ток КЗ кА	40	40	40	40	50	20	20
Материал корпуса	Полиэтилен	Силикон	Силикон	Фарфор	Силикон	Силикон	Силикон
Принцип конструкции	3EF1 – полиэтилен, прямо отлитый на МО; 3EF3/4/5 – полый изолятор	Прямо отлитый		Полый изолятор	Полый изолятор, силикон прямо отлит на трубу из стеклопластика	Клеточная конструкция, силикон отлит прямо на варистор	
Установка	Внутренняя	Наружная	Наружная	Наружная	Наружная	Наружная	Внутренняя/ Наружная

Таблица 10. Ограничители перенапряжений (300 В – 72,5 кВ)

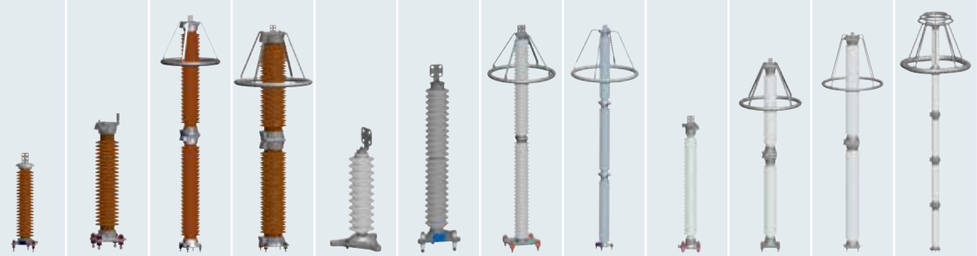
	3EP5	3EP4	3EP6	3EP3	3EL5	3EL1	3EL2	3EL3	3EQ1	3EQ4	3EQ3	3EQ5
												
Сфера применения	Системы среднего и высокого напряжения, наружные установки		Системы высокого напряжения, наружные установки		Системы среднего и высокого напряжения, ОПН станционного класса, линейный разрядник			Системы высокого напряжения, наружные установки	Системы среднего и высокого напряжения, наружные установки	Системы высокого напряжения, наружные установки		
				высоковольтный постоянный ток, SC&SVC							высоковольтный постоянный ток, SC&SVC	высоковольтный постоянный ток
Максимальное рабочее напряжение сети (U_m) кВ	123	362	800	800	145	252	550	800	362	800	800	1200
Номинальное напряжение ОПН кВ	96	288	588	624	126	288	468	588	288	588	624	850
Максимальный разрядный ток кА	10	10	20	20	10	10	20	20	10	20	20	20
Максимальная удельная рассеиваемая энергия (на кВ Ur) кДж/кВ	7.0	7.0	14.0	42.0	4.5	6.0	9.0	14.0	7.0	18.0	42.0	48.0
Номинальный ток КЗ кА	50	65	65	65	20	65	65	65	50	80	80	80
Максимальная допустимая рабочая нагрузка кНм	2.0	4.5	30.0	34.0	0.5	1.2	4.0	10.0	6.0	38.0	72.0	225.0
Материал корпуса	Фарфор	Фарфор	Фарфор	Фарфор	Силикон	Силикон	Силикон	Силикон	Силикон	Силикон	Силикон	Силикон
Принцип конструкции	Полый изолятор				Силикон отлит прямо на варистор				Полый изолятор, силикон отлит прямо на трубу из стеклопластика			
Установка	Наружная											
Стандарт	IEC 60099-4, Ed. 3.0 (2014) и IEEE C62.11 (2012)											

Таблица 11. Ограничители перенапряжений (72,5 кВ – 1200 кВ)

	3ES5-M/N	3ES2-E	3ES6-L/X	3ES5-H	3ES6-J	3ES5-C/D с масло-SF_6
Сфера применения	Высоковольтные газоизолированные установки, выключатели, КРУЭ, трансформаторы					
Максимальное рабочее напряжение кВ	170	170	420	550	800	550
Максимальное номинальное напряжение кВ	156	156	396	444	612	444
Максимальный номинальный разрядный ток кА	20	20	20	20	20	20
Максимальная удельная рассеиваемая энергия (на кВ Ur) кДж/кВ	10.0	10.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Номинальный ток КЗ кА	50/65	50	65/80	65	65	65
Тип ввода	M/N	E	L/X	H	J	C/D
Среда ввода	SF_6-SF_6	SF_6-SF_6	SF_6-SF_6	SF_6-SF_6	SF_6-SF_6	Масло-SF_6
Количество фаз	1	1	1	1	1	1

Таблица 12. ОПН для газонаполненых распределительных устройств (72,5 кВ – 800 кВ)

перенапряжений (грозовых или коммутационных) и большим сопротивлением токам промышленной частоты (50 Гц). И как следствие ОПН пропускает через себя в землю токи, возникающие вследствие перенапряжений, и практически не пропускают токи низкой частоты. Незначительные токи, протекающие через ОПН, нормальном режиме работы сети, называют токами утечки. Эти токи равняются нескольким мА. Ток утечки нагревает резисторы. Величина, характеризующая способность ОПН к перегреву называется удельной рассеиваемой энергией.

В отличие от обычного грозозащитного разрядника, ОПН не имеет искрового промежутка. Если ток, пропускаемый в землю, велик, в искровом промежутке разрядника горит дуга. Варистор разрядника не вернется в свое первоначальное положение до тех пор, пока горит дуга. Этот процесс повторяется снова и снова на протяжении всего времени пробоя. Очень важно иметь устройство с как можно более низким напряжением пробоя. Такое устройство особенно полезно для защиты электродвигателей, которые, как правило, имеют низкий уровень изоляции. Для обеспечения достаточной защиты значение напряжения пробоя разрядников или ОПН не должно превышать диэлектрическую прочность защищаемого рабочего оборудования.

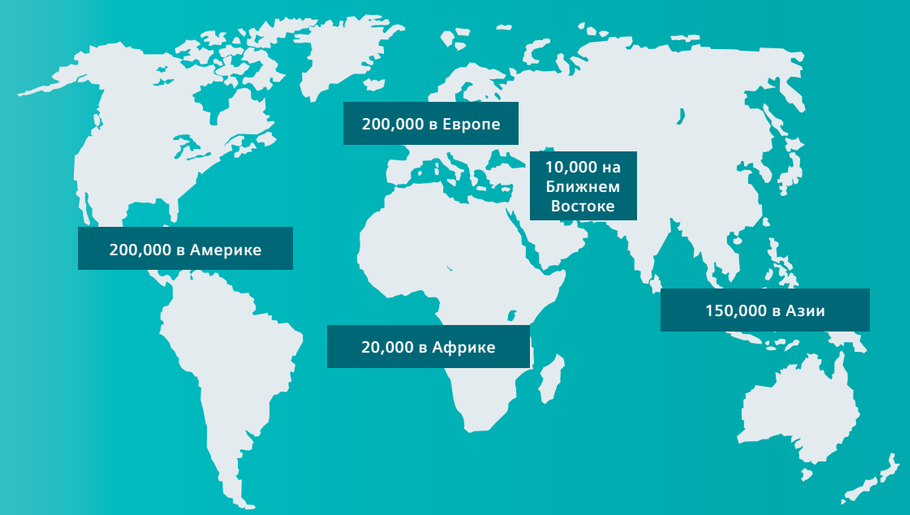
Ассортимент продукции среднего напряжения включает:

- Группа ОПН серии 3EF для защиты электродвигателей, сухих трансформаторов, систем освещения аэродромов и кабельных оболочек, а также для защиты преобразователей для приводов;
- ОПН в фарфоровом корпусе 3EE2 предназначен для защиты генераторов, электродвигателей, плавильных печей;
- Разрядник в силиконовом корпусе 3EK предназначен для распределительных сетей и распределительных устройств до 72,5 кВ (рис. 37 и рис. 38).

Измерительные трансформаторы

Партнёрские отношения по всему миру

Более чем полмиллиона устройств установлено в 170 странах мира

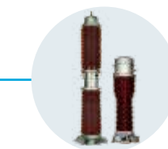
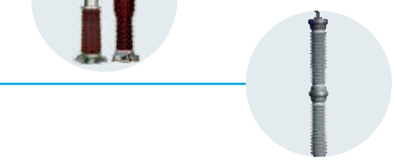


Подтверждение надёжности

- Опыт эксплуатации более 100 лет
- Полное портфолио продуктов для ОРУ и КРУЭ
- Постоянное стремление к совершенству, Siemens стремится соответствовать самым строгим стандартам отрасли и изысканным пожеланиям клиентов по всему миру, что гарантирует качество выпускаемых продуктов
- Непрерывные инвестиции в НИОКР помогают превосходить стандарты отрасли и разрабатывать новые технологии, соответствующие ожиданиям клиента
- Глобальная организация с местным присутствием, с готовностью быть доступной для клиентов через широкую сеть продаж и центров поддержки

Непрерывные инновации с 1900 года

1904	Основана компания Haefely (сегодня Trench Франция)
1919	Основана компания Scarpa E Magnano (сегодня Trench Италия)
1920 – 1927	Индуктивные маслонаполненные измерительные трансформаторы
1937	Емкостные трансформаторы напряжения
1946	Основана компания MWB (сегодня Trench Германия)
1962	Основана компания Trench Electric (сегодня Trench Канада)
1965	Первый элегазовый трансформатор напряжения для КРУЭ
середина 1970х	Новое поколение взрывозащищённых маслонаполненных измерительных трансформаторов
1978	Первый газонаполненный трансформатор для ОРУ до 800 кВ
1993	Создан китайский MWB
2004	Siemens приобретает компанию Trench
2005	Открытие компании Trench High Voltage Products Ltd. в г.Шеньян (преемник компании Trench Fushun Bushing Co., Ltd.)
2008	Интеллектуальная эволюция: новая разработка улучшенного дизайна емкостных трансформаторов напряжения в Siemens Индия
2012	Первый емкостный трансформатор напряжения CVT на 1200 кВ
2015	Оптический трансформатор тока и напряжения для измерения постоянного тока

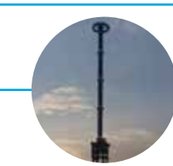
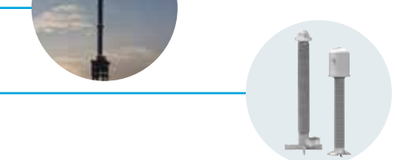



Рис. 39. Газоизолированные трансформаторы тока 800 кВ

Рис. 40. Масляные трансформаторы тока 550 кВ

Рис. 41. Газонаполненые трансформаторы тока 145 кВ

Рис. 42. Индуктивные трансформаторы напряжения с маслобумажной изоляцией 420 кВ

Рис. 43. Газонаполненный трансформатор напряжения 765 кВ

Рис. 44. Емкостные трансформаторы напряжения 245 кВ

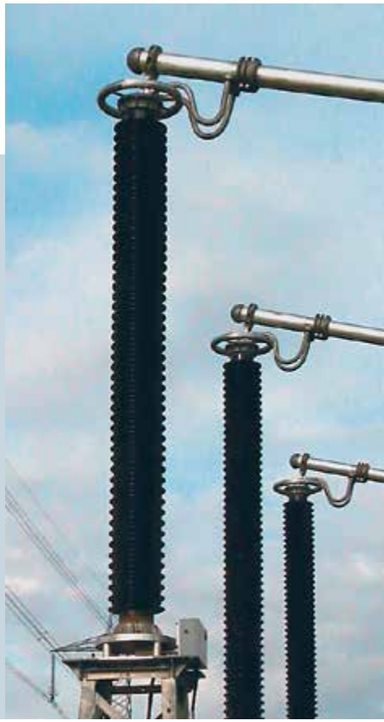


Рис. 45. Резистивно-емкостные делители (AC) для подстанций ушной изоляцией (AIS) 420 кВ

Высоковольтные измерительные трансформаторы

Введение

Измерительный трансформатор – это электрический трансформатор, в котором при нормальных условиях применения вторичный ток (вторичное напряжение) практически пропорционален (пропорционально) первичному току (первичному напряжению). Измерительные трансформаторы предназначены для преобразования большего тока (напряжения) в сигнал измерительной информации для его передачи приборам в сетях напряжением 0.4 кВ.

Принцип действия состоит в преобразовании входного переменного тока (напряжения) в выходной переменный ток (переменное напряжение) с коэффициентом, определяемым отношением числа первичной и вторичной обмоток.

Надежность и безопасность

Надежность измерительного трансформатора связана с его способностью непрерывного удовлетворения установленных критериев работы на всем протяжении ожидаемого срока эксплуатации в определенных условиях работы. Безопасность связана с приемлемостью и последствиями отказа измерительного трансформатора, если он случится, в результате превышения номинальной нагрузки или окончания ожидаемого срока службы.

Характеристики надежности и безопасности измерительного трансформатора определяются конструкцией электрической системы и изоляции, используемой технологией производства и обработки, а также конкретной физической компоновкой. Характеристика частичного разряда в условиях работы является ключевым фактором, определяющим ожидаемый срок эксплуатации и долгосрочную надежность измерительного трансформатора. Стандарты IEC для масляных или газонаполненных устройств требуют, чтобы значение частичного разряда было меньше 10 pC при Umax.
Из-за жестких требований к современным сетям высокого и сверхвысокого напряжения группа Trench Group решила принять даже более строгие международные требования. Таким образом, измерительные трансформаторы Trench обычно имеют намного более высокие рабочие параметры, чем того требуют эти стандарты, что подтверждается опытом эксплуатации сотен тысяч данных трансформаторов на протяжении более чем 50 лет практически во всех странах мира. Как правило, используется конструкция с масляной (рис. 40) и с газовой изоляцией (рис. 39).

Масляные измерительные трансформаторы

Надежность и безопасность масляных индуктивных измерительных трансформаторов Trench доказана эксплуатацией более 100000 устройств на протяжении более чем 50 лет в различных климатических условиях. Трансформатор отличается современной конструкцией и подходом, гарантирующим безопасность режима отказа. В случае неожиданных перегрузок в сети обеспечивается безопасный отказ благодаря использованию барьерной конструкции в отделе свободного масла. В соответствии с этим подходом в критические точки устанавливаются изоляционные барьеры через пространство свободного масла, что препятствует образованию волоконных мостов.

Кроме того, невозможен разрыв корпуса, особенно полого изолятора со встроенным градированным конденсаторным вводом, что обусловлено безопасными размерами ввода и надежным электрическим соединением корпуса сердечника и земли.

В случае превышения давления защита обеспечивается следующим:

- Сварной эластичный корпус;
- Компенсаторы из нержавеющей стали для расширения масла.

Сварной шов, соединяющий верхнюю и нижнюю часть корпуса, и металлические компенсаторы сконструированы как точки сброса давления на случай сильного внутреннего повышения давления.

Так как нормальное внутреннее давление устройства в абсолютном выражении составляет примерно 1 бар, можно сконструировать эти точки сброса давления на разрыв при очень умеренном давлении. Дополнительная безопасность обеспечивается выбором композитных изоляторов для всего ассортимента в качестве альтернативы традиционному фарфору.

Сброс давления для емкостных трансформаторов напряжения осуществляется посредством штыря пробоя сильфона и благодаря использованию фарфора, прочность которого позволяет сбрасывать любое резкое повышение давления через уплотнительные пластины на концах фарфорового корпуса, а не посредством разрушения самого фарфорового корпуса.

Газонаполненные измерительные трансформаторы

Надежность и безопасность газоизолированных измерительных трансформаторов Trench основана на следующем:

- 50-летний опыт производства измерительных трансформаторов с использованием эпоксидной смолы и промасленной бумаги;
- Эксплуатация тысяч газонаполненных измерительных трансформаторов в различных климатических условиях.

Взрывозащищенная конструкция

Газонаполненные измерительные трансформаторы Trench были впервые сконструированы в 1965 году по просьбам заказчиков, пожелавших обеспечить пожаро- и взрывобезопасную работу оборудования. Газовая изоляция SF6 в сочетании с композитными изоляторами очень хорошо подходит для этой цели, так как в

Рис. 46. Газонаполненный трансформатор напряжения для AIS 145 кВ

Рис. 47. Масляные комбинированные измерительные трансформаторы 550 кВ

Рис. 48. Газонаполненный комбинированный измерительный трансформатор 800 кВ

случае внутренней вспышки, увеличение давления будет линейным и, таким образом, поддающимся техническому контролю. Устройство контролируемого сброса давления в головной части трансформатора (разрывной диск) устраняет недопустимые механические нагрузки в корпусе, т.е. разрушается только сам диск. Газ выходит, однако трансформатор остается цел, и взрыва не происходит.

Надежные изоляционные свойства

Газ SF6 является основной изоляционной средой между высоковольтным потенциалом и потенциалом земли. Неизменное качество гарантируется использованием газа SF6 в соответствии с IEC 60137 (2005) / ASTM 2472 D, а также тем фактом, что этот инертный газ не изменяет своих свойств со временем, даже при сильнейших электрических и температурных воздействиях. Изоляционные свойства остаются неизменными на всем протяжении срока службы. Все эти особенности гарантируют многие годы работы без необходимости контроля состояния изоляции.

Полная функциональная безопасность и контроль

Гарантированная скорость утечки SF6 меньше 0,5% в год. Давление газа можно проверить на месте или при помощи устройства дистанционного контроля, т.е. измерителя плотности с контактами для дистанционного контроля. В случае падения давления SF6 трансформатор все равно работает как при номинальном давлении.

Безопасность для окружающей среды в крайне суровых условиях

Газ SF6 абсолютно безопасен для человека. Он не токсичен, и его продукты разложения не загрязняют окружающую среду, например, грунтовые воды. Изоляционная среда в виде газа SF6 обеспечивает простую утилизацию трансформаторов. Кроме того, гидрофобные свойства композитной изоляции обеспечивают бесперебойную работу даже в условиях соляного тумана или загрязнения. В случае возникновения, спустя много лет, новых требований к трансформатора, например, для измерений, возможна замена сердечника или обмотки.

Трансформаторы тока

Конструкция всех трансформаторов тока Trench основана на «головном принципе». Трансформаторы тока производятся с масляной изоляцией (рис. 40) или с газовой изоляцией (SF6) (рис. 41).

Особенности маслонаполненных трансформаторов тока

- Малый вес и минимальный объем масла;
- Отличная сейсмическая устойчивость как результат оптимальной конструкции фланцев, большого диапазона прочности фарфоровых деталей, их взаимного соединения и малого веса;
- Для всего диапазона напряжения от 72,5 кВ до 550 кВ и всего диапазона тока от нескольких ампер

Рис. 49. Масляные трансформаторы тока Trench

Рис. 50. Газонаполненные комбинированные измерительные трансформаторы 420 кВ

Рис. 51. Индуктивный трансформатор напряжения 145 кВ для подстанций с газовой изоляцией (GIS)

до 5000 А с многовитковой первичной обмоткой для малого первичного тока. Изменение соотношения возможно на первичной или вторичной обмотке.
- Короткий, симметрично расположенный стержневой провод первичной обмотки с малым сопротивлением предназначен для тока КЗ до 80 кА и предотвращает большие падения напряжения в первичной обмотке;
- Отличный контроль нагрузки на внутреннюю и внешнюю изоляцию благодаря использованию собственной тонко градированной системы вводов;
- Герметичное уплотнение с использованием компенсаторов из нержавеющей стали и высококачественных прокладок;
- Равномерно распределенная вторичная обмотка гарантирует точное преобразование при номинальном токе и токе короткого замыкания;
- Практически не подвержены влиянию внешних рассеянных магнитных полей;
- Неизменная точность в течение всего срока эксплуатации;
- Отличная характеристика переходного режима;
- Использование только стойких к коррозии материалов;
- Весь ассортимент продукции может поставляться с композитным изолятором.

Особенности газоизолированных трансформаторов:

- Взрывозащищенная конструкция с использованием элегазовой изоляционной среды (SF6) и разрывного диска;
- Отличная сейсмическая устойчивость благодаря свойствам композитного изолятора;
- Для всего диапазона напряжения от 72,5 кВ до 800 кВ и всего диапазона тока от 100 А до 4800 А;
- Малое сопротивление, штыревой тип конструкции, обеспечивающий оптимальную работу при коротком замыкании;
- Оптимальная градуировка поля обеспечивается тонкой градуировкой конденсатора, специально разработанного для данного применения;
- Многовитковая первичная обмотка для малого первичного тока и равномерно распределенная вторичная обмотка гарантируют точное преобразование при номинальных и сверхтоках;
- Неизменная точность на протяжении всего срока службы;
- Отличная характеристика переходного режима;
- Использование только стойких к коррозии материалов;
- Возможна замена сердечника на собранном устройстве без повреждения высоковольтной изоляции.

Рис. 52. Резонансно-емкостный делитель для газонаполненных подстанций 145 кВ

Рис. 53. Трансформатор напряжения для газонаполненных подстанций 145 кВ

Индуктивные трансформаторы напряжения
Индуктивные трансформаторы напряжения предназначены для систем с напряжением от 72,5 кВ до 800 кВ. Принцип действия состоит в преобразовании входного переменного напряжения в выходное переменное напряжение с коэффициентом, определяемым отношением числа первичной и вторичной обмоток.

Производятся с масляной (рис. 42) или элегазовой изоляцией (SF6) (рис. 43).

Особенности маслонаполненных трансформаторов напряжения
- Малый вес и минимальный объем масла;
- Отличная сейсмическая устойчивость как результат оптимальной конструкции фланцев, большого диапазона прочности фарфоровых деталей, их взаимного соединения и малого веса;
- В наличии для всего диапазона напряжения от 72,5 кВ до 550 кВ.
- Отличный контроль нагрузки на внутреннюю и внешнюю изоляцию благодаря использованию собственной тонко градированной системы вводов;
- Оптимизированная высоковольтная обмотка гарантирует идентичное электрическое напряжение в переходном и стационарном режиме;
- Практически не подвержены влиянию внешних рассеянных магнитных полей;
- Герметичное уплотнение с использованием сильфонов из нержавеющей стали для устройств, предназначенных для напряжения 123 кВ и выше;
- Неизменная точность в течение долгого времени;
- Отличная характеристика переходного режима;
- Пригодны для снятия электрического заряда с шин распределительных устройств электростанций и подстанций;
- Являются бюджетной альтернативной маломощным трансформаторам;
- Использование только стойких к коррозии материалов;
- Весь ассортимент продукции может поставляться с композитным изолятором.

Особенности газонаполненных трансформаторов:
- Взрывозащищенная конструкция с использованием сжимаемой изоляционной среды SF6 и разрывного диска;
- Отличная сейсмическая устойчивость благодаря свойствам композитного изолятора;
- Для всего диапазона напряжения от 72,5 кВ до 800 кВ;
- Оптимальная градуировка поля обеспечивается тонкой градуировкой конденсатора, специально разработанного для данного применения;
- Устойчивость к феррорезонансным явлениям – свободная конструкция без использования внешнего демпфирующего устройства (спрашивайте дополнительную информацию);
- Практически не подвержены влиянию внешних рассеянных магнитных полей;
- Неизменная точность на протяжении долгого времени;
- Подходят для снятия электрического заряда с линии электропередачи;
- Оптимизированная высоковольтная обмотка гарантирует идентичное электрическое напряжение в переходном и установившемся режиме;
- Использование только стойких к коррозии материалов;
- Являются бюджетной альтернативной маломощным силовым трансформаторам.

Емкостный трансформатор напряжения (масляный)
Разделительные конденсаторы (СС) используются для передачи высокочастотных сигналов в линию электропередачи. СС, установленный в комплекте с электромагнитным блоком, называется емкостным трансформатором напряжения (CVT).

Емкостные трансформаторы напряжения должны преобразовывать высокое напряжение (уровня высоковольтных ЛЭП) в стандартное низкое напряжение, которое легко поддается измерению и используется для учета, защиты и контроля высоковольтной энергосистемы. В данном случае крайне важно обеспечить точное и надежное преобразование напряжения (рис. 44).

Особенности
- Соответствует всем стандартам точности IEC и ANSI на измерительные и защитные устройства (соответствие другим стандартам возможно под заказ)
- контроль качества согласно стандарта ISO 9001
- Дают возможность связывания сигнала линии связи по линии передачи с сетью
- Большее значение собственной емкости обеспечивает высококачественное связывание сигнала линии связи по линии передачи (ЛСЛП), лучшие переходные характеристики и большую стабильность
- Оптимизированная система изоляции с применением минерального масла или синтетических изолирующих жидкостей, переработанных высокотехнологическими методами
- Стабильная емкость и точность в течение долгого периода времени благодаря новаторской системе зажимов
- Расширение масла, благодаря герметическому н/ж сильфону обеспечивает целостность системы изоляции в течение долгого периода времени
- Пробойник сильфона дает возможность отвода избыточного давления в случае работы в экстремальном режиме, приводящей к частичным разрядам
- В случае применения пробойника изолирующая жидкость стекает по фарфору, образуя на нем масляное пятно, являющееся визуальным индикатором проблемы.
- Особо прочные фарфоровые части обеспечивают как превосходную сейсмостойкость, так и возможность установки крупных линейных заградителей непосредственно на емкостном трансформаторе, что дает экономию расходов на установку
- Не требующее ухода основание из литейного алюминия заполнено маслом
- Превосходные переходные характеристики
- Производитель проводит испытания по стандартам
- качества, превосходящим международные, в обязательном порядке проводятся импульсные испытания и измерение частичных разрядов
- Не подвержены феррорезонансным колебаниям в сети или отключающем конденсаторе
- Пассивный контур подавления феррорезонанса обеспечивает эффективное демпфирование не снижая переходных характеристик. Это дает возможность более быстрой работы реле и снижает вероятность выхода за пределы зоны 1.
- Емкостные трансформаторы с высоким емкостным сопротивлением, при установке в непосредственной близости от автоматических прерывателей сверхвысокого напряжения, обеспечивают более стабильную работу прерывателя в условиях короткого замыкания или переходного восстанавливающегося напряжения
- Проверенная сейсмостойкость:
- Емкостные изоляторы в фарфоровом корпусе компании Trench прошли самые строгие испытания на вибростенде и выдержали реальные землетрясения в процессе эксплуатации

Электронная система измерения напряжения для систем постоянного тока
Trench предлагает специальные трансформаторы напряжения для систем постоянного тока. Эти установки в основном используются для управления выпрямителями или инверторами высокого напряжения. В состав этой измерительной системы входит ёмкостно-резистивный делитель напряжения, который установлен на входе электронного усилителя мощности. Этот высоковольтный делитель напряжения может быть поставлен для эксплуатации под открытым небом (рис. 45) или для установки в коммутационной аппаратуре с газовой изоляцией SF6 (GIS) (рис. 50).

Полученная в итоге система может с точностью трансформировать напряжение в пределах установленного диапазона нагрузки вторичной цепи с линейной частотной характеристикой приблизительно до 10 кГц. Поэтому эта система идеальна для измерения и динамических, и переходных процессов, и гармонических колебаний, связанных с высоковольтными системами постоянного тока.

Комбинированный измерительный трансформатор
Комбинированные измерительные трансформаторы должны преобразовывать высокое напряжение и силу тока (уровня высоковольтных ЛЭП) в стандартные низкие напряжение и силу тока, которые легко подда-

Рис. 54: Трансформатор тока с сердечником в воздушной среде на 300 кВ для GIS

ются измерению и используются для учета, защиты и контроля высоковольтной энергосистемы. В данном случае крайне важно обеспечить точное и надежное преобразование напряжения и силы тока.

Комбинированные измерительные трансформаторы доступны как в маслонаполненном исполнении (рис. 47), так и заполненные элегазом SF6 (рис. 48).

Особенности масляного комбинированного измерительного трансформатора

- Маслобумажная система изоляции с применением масла высокой степени очистки
- Малый вес и минимальное содержание масла
- Высококачественное минеральное масло, не содержит ПХБФ (полихлорированных бифенилов), разлагается биологически
- Первичная обмотка изготовлена из медного проводника большого сечения, с малым реактивным сопротивлением, что предотвращает значительное падение напряжения в первичной обмотке трансформатора
- Контроль нагрузки на внешнюю и внутреннюю изоляцию благодаря использованию патентованной точной системы втулок
- Высокая сейсмостойкость в результате применения улучшенной конструкции фланцев, фарфоровых изоляторов и их соединений
- Герметично запаянный сильфон из нержавеющей стали
- Сварные корпуса герметизированы без применения болтовых соединений
- Необходимо только одна опорная конструкция, так как один и тот же трансформатор сочетает функции трансформатора напряжения и трансформатора тока
- Равномерно распределенные вторичные обмотки гарантируют точное преобразование, как при номинальном токе, так и при токе короткого замыкания
- Не подвержены воздействию внешних магнитных полей рассеяния
- Стабильная точность работы в течение долгого периода времени
- Великолепные переходные характеристики
- Могут использоваться для снятия заряда с ЛЭП
- В конструкции использованы исключительно коррозиеустойчивые материалы
- Изготавливаются для напряжений 72,5 – 300 кВ и токов 0,5 – 5000 А
- Не требуют ухода при сроке эксплуатации более 30 лет
- Под заказ возможна установка композитного изолятора

Особенности газоизолированного комбинированного измерительного трансформатора

- Взрыво- и пожаробезопасная конструкция благодаря использованию элегаза и предохранительной мембране
- Долговечная изоляция с минимальным риском отказа
- Контроль газа с помощью датчика плотности
- Гарантированный уровень утечки элегаза: менее 0,5% в год
- Трансформатор работает при номинальном напряжении даже в случае падения давления элегаза
- Сейсмостойкость
- Система конденсаторов, разработанная специально для этих трансформаторов
- Соответствует всем требованиям стандартов IEC и ANSI к измерительному и защитному оборудованию (соответствие другим стандартам возможно обеспечить под заказ)
- Малый вес и компактность благодаря использованию элегазовой изоляции
- Односекционная высоковольтная катушка (не каскадного типа) в секции трансформатора напряжения позволяет использовать комбинированные измерительные трансформаторы напряжения в диапазоне до 800 кВ
- Превосходные антирезонансные характеристики
- Первичная обмотка с малым реактивным сопротивлением рассчитана на большие токи короткого замыкания
- Необходимо только одна опорная конструкция, так как один и тот же трансформатор сочетает функции трансформатора напряжения и трансформатора тока
- Могут использоваться для снятия заряда с ЛЭП
- Не подвержены воздействию внешних магнитных полей рассеяния
- В конструкции использованы исключительно коррозиеустойчивые материалы

Измерительный трансформатор для комплектных распределительных устройств (GIS) (рис. 51).

Особенности индуктивной разновидности

- Помимо измерения напряжения и силы тока, обладают лучшими разрядными характеристиками для высоковольтных линий
- Измерительные трансформаторы производятся под заказ для конкретного применения, с учетом требуемых возможностей; конструкция соответствует требованиям к ограниченным габаритам, размерам фланцев и качеству изолятора
- Стандартные конструкции для одно- и трехфазных изделий
- Соответствует большинству национальных и международных стандартов на сосуды, работающие под давлением (ASME, SVTI, Lloyd's, ISPESL)
- Превосходные антирезонансные характеристики
- Экран для защиты от динамического перенапряжения согласно стандартам IEC. Возможно дополнительное экранирование
- Гарантированный уровень утечки элегаза: менее 0,5% в год
- Имеет предохранительную мембрану для снятия избыточного давления и устройство отклонения
- Все компоненты спроектированы и испытаны на механическую нагрузку не менее 20 г
- Классы точности согласно DIN VDE 0414, IEC 60044, ANSI: IEEE C57.13, AS 1243 (возможно соответствие другим стандартам и классам под заказ)
- Датчики ударов предупреждают о чрезмерном ударном ускорении

Резистивно-емкостные делители

Резистивно-емкостные делители напряжения, также известные как резистивно-емкостные трансформаторы напряжения, предназначены для измерения напряжения в линиях постоянного тока высокого напряжения, распределительных устройствах с воздушной (AIS) или газовой (GIS) изоляцией (рис. 52). В передающих линиях переменного тока трансформаторы используются для измерения гармонических колебаний и дают точное представление напряжения в широком частотном диапазоне (обычно от постоянного тока до 500 кГц).

Особенности резистивно-емкостных делителей

- Резистивно-емкостный делитель предназначен для измерения напряжения
- Совместим с устройствами на микропроцессорной базе
- Не подвержен феррорезонансным процессам
- Возможность использования для проведения высоковольтных испытаний в распределительном устройстве
- Однофазная или трехфазная система токов
- Незначительные размер и вес

LoPo-преобразователи малой мощности

Преобразователи тока малой мощности (LPCT) и преобразователи напряжения малой мощности (LPVT) могут широко использоваться системах среднего и высокого напряжения для измерения и защиты, в которых они заменяют традиционные измерительные трансформаторы.

Особенности

- Преобразователи напряжения основаны на резистивных, емкостных, а также резистивно-емкостных делителях
- Преобразователи тока бывают с железным сердечником или без сердечника и обеспечивают вторичное напряжение, которое индуцируется в следствии протекания тока в первичной обмотке
- Стандартные кабели и соединения; витая пара и кабель с двойным экранированием
- Возможность подключения разнообразных защитных и измерительных приборов
- Корпус в металлической оболочке, обеспечивающий безопасность эксплуатационного персонала
- Имеют линейную вольт - амперную характеристику, вплоть до токов равных токам короткого замыкания
- Устойчив к воздействию электромагнитных и электростатических полей: не поддается RFI/EMI

Преимущества

- Система удовлетворяет требованиям микропроцессорной техники малой мощности для защиты и измерения
- Простота установки, компактный размер и малый вес
- Отсутствуют проблемы вторичной обмотки; преобразователи напряжения не боятся короткого замыкания, преобразователи тока могут работать с разомкнутой вторичной цепью
- Не подвержены феррорезонансным процессам
- Экологическая безопасность (отсутствует масло)

Силовые трансформаторы напряжения

Силовые трансформаторы напряжения для подстанций с воздушной изоляцией (AIS)

Трансформаторы напряжения позволяют избежать крупных вложений для подачи питания удаленным потребителям. Силовые трансформаторы напряжения следует подключить напрямую к высоковольтной линии, и можно подключать электроприемник к его вторичной обмотке. Силовой трансформатор напряжения для AIS показан на рис. 46.

Особенности силовых трансформаторов напряжения для AIS

- Доступны для полного диапазона напряжения от 72,5 до 800 кВ
- Проверенный временем силовой измерительный трансформатор напряжения с SP6 или масляной изоляцией с повышенной мощностью

Технические данные трансформаторов тока Trench для газонаполненных распределительных устройств (GIS)										
Тип		SAD/SA								
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 – 550					72.5 – 550			
Изоляционная среда		SF_6					–			
		Технические данные SAD/SA								
Наибольшее рабочее напряжение	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550
Выходной ток	[A]	1 – 5 (Низкий потенциал: 3,25 В)								
Ток термической стойкости	[кА]	31.5 (72.5 - 145 кВ)			50 (170 - 245 кВ)		63 (300 - 362 кВ)		80 (420 - 550 кВ)	
Номинальная длительность тока термической стойкости	[с]	1 – 3								
Ток электродинамической стойкости	[кА]	78.75			125		160			
Номинальная частота	[Гц]	16 2/3 – 50 – 60								
Диапазон температуры	[°C]	–35 ... +55								
Класс изоляции		E, F								
Класс точности обмоток для измерения		0.1 – 0.2 – 0.2S – 0.5 – 0.5S – 1.0								
Класс точности обмоток для защиты		5P – 10P – TPY – TPX – TPZ – TPS – PR – PX								
Значения в соответствии с IEC; имеются другие значения, например, ANSI										

Таблица 13. Технические данные трансформаторов тока Trench для газонаполненных распределительных устройств (GIS)

- Композитный изолятор (стекловолоконный изолятор с силиконовой юбкой)
- Не требует обслуживания
- Однофазная установка

Применение

- Подача питания на удаленные фермы и в маленькие деревни
- Подача питания на ретрансляторы мобильной связи
- Питание собственных нужд подстанций
- Подача питания на этапе строительства подстанции

Особенности силовых трансформаторов напряжения для GIS (рис. 53)

- Такие же размеры, как у стандартных трансформаторов напряжения; может использоваться в качестве стандартного трансформатора напряжения
- Не требуется дополнительное пространство для установки громадных испытательных сооружений высокого напряжения
- Для подготовки испытаний не требуется работа с газом SF_6
- Сниженные требования к транспортировке и упаковке
- После испытаний распределительное оборудование может быть введено в эксплуатацию без механических работ на первичном оборудовании (то есть обычно требуется снимать комплект для высоковольтных испытаний)
- Простое обслуживание
- С силовым трансформатором напряжения высоковольтное испытание становится похожим на испытание защитного реле
- Легкие устройства позволяют работать на площадке без подъемного оборудования или кранов

Технические данные трансформаторов напряжения/ Резистивно-емкостных делителей Trench для комплектных распределительных устройств (GIS)											
Тип		SUD/SU						RCVD			
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 – 800						72.5 – 550			
Insulation medium		SF_6						Масло / SF_6			
		Технические данные SUD/SU									
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение при ударе молнии	[кВ]	325	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550	2,100
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	[кВ]	–	–	–	–	–	850	950	1,050	1,175	1,550
Выходное напряжение	[В]	110/√3 – 200/√3 (другие значения по запросу) (резонансно-емкостный делитель переменного и постоянного тока: 5 – 200В)									
Номинальный коэффициент трансформации		1.2 – 1.5 – 1.9 (другие значения по запросу)									
Номинальная частота	[Гц]	16 2/3 – 50 – 60									
Диапазон температуры	[°C]	–30 ... +55 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E									
Класс точности измерения		0.1 – 0.2 – 0.5 – 1.0 – 3.0									
Выходная нагрузка		для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика									
Класс точности защиты		3P – 6P									
Выходная нагрузка		для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика									
Выходной тепловой предел		2,000						3,000 [1)]			
IID		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Значения в соответствии с IEC; имеются другие значения, например, ANSI [1)] допустимо только для трансформаторов напряжения											

Таблица 14. Технические данные трансформаторов напряжения / Резистивно-емкостных делителей Trench для комплектных распределительных устройств (GIS)

- Источник питания от стандартной розетки (например, 1 фаза, 230 В, 16 А)
- Испытательное оборудование помещается в транспортные контейнеры, допускающие перевозку на площадку в качестве ручной клади или с использованием стандартной почтовой службы
- Подготовка к испытаниям за несколько минут, например, после повторной сборки или масштабного обслуживания
- Незначительные инвестиции при проведении высоковольтных испытаний на подстанции
- Возможность применения в качестве лабораторного испытательного трансформатора

Обзор измерительных трансформаторов Trench приведен в таблицах 13-16.

Технические данные трансформаторов тока Trench для распределительных устройств с воздушной изоляцией (AIS)											
Тип		SAS				TAG			IOSK		
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 – 800				72.5 – 550			72.5 – 550		
Изоляционная среда		SF_6				SF_6			Масло		
Композитный изолятор		x				x			x		
Фарфоровый изолятор						x			x		
		Технические данные									
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса	[кВ]	325	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550	2,100
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	[кВ]	–	–	–	–	–	850	950	1,050	1,175	1,550
Номинальный первичный ток, макс.	[A]	5,000 (6,000 для газоизолированного оборудования по запросу)									
Номинальный вторичный ток	[A]	1 – 2 – 5									
Ток термической стойкости	[кА]	63 (100 по запросу)									
Время действия тока термической стойкости	[с]	1 – 3									
Ток электродинамической стойкости	[кА]	160 (200 по запросу)									
Номинальная частота	[Гц]	16 2/3 – 50 – 60									
Длина пути тока утечки	[мм/кВ]	25 – 31 (больше по запросу)									
Диапазон рабочих температур	[°C]	–50 … +40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E (устройства с изоляцией SF_6) – A (устройства с масляной изоляцией))									
Класс точности измерения		0.1 – 0.2 – 0.2S – 0.5 – 0.5S – 1.0									
Класс точности защиты		5P – 10P – TPY – TPX – TPZ – TPS – PR – PX									
Значения в соответствии с IEC; имеются другие значения, например, ANSI											

Таблица 15. Технические данные трансформаторов тока Trench для распределительных устройств с воздушной изоляцией (AIS)

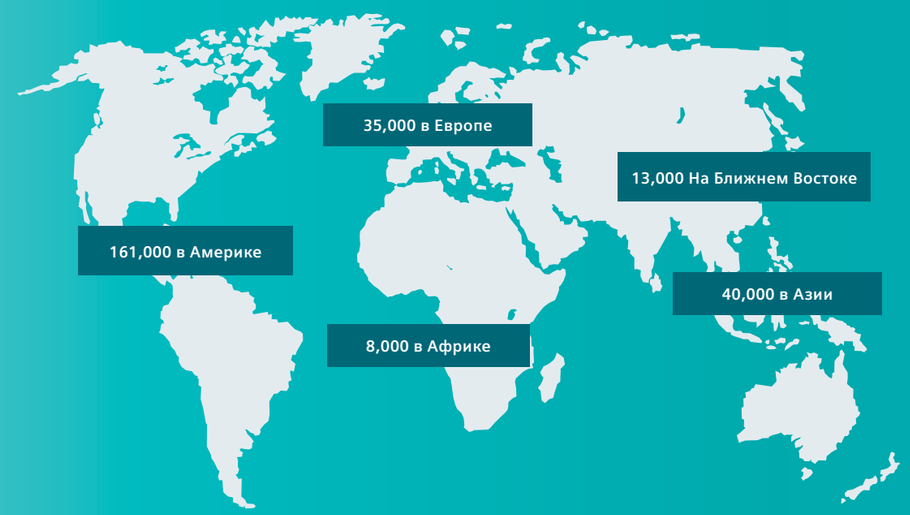
Технические данные трансформаторов напряжения Trench для подстанций с воздушной изоляцией (AIS)											
Тип		SVS		TVG		VEOT/VEOS		TCVT		AC RCD	DC RCD
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 – 800		72.5 – 420		72.5 – 550		72.5 – 1200		72.5 – 800	72.5 – 800
Изоляционная среда		SF_6		SF_6		Масло		Масло		Масло	Масло / SF_6
Композитный изолятор		x		x		x		x		x	x
Фарфоровый изолятор				x		x		x		x	x
		Технические данные									
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1мин	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса	[кВ]	325	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550	2,100
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	[кВ]	–	–	–	–	–	850	950	1,050	1,175	1,550
Вторичное напряжение	[В]	110/√3 – 200/√3 (другие значения по запросу) (резонансно-емкостный делитель переменного и постоянного тока: 5 – 200В)									
Номинальный коэффициент трансформации		1.2 – 1.5 – 1.9 (другие значения по запросу)									
Номинальная частота	[Гц]	16 2/3 – 50 – 60 (резонансно-емкостный делитель переменного и постоянного тока: 0 – 1 МГц)									
Длина пути тока утечки	[мм/кВ]	25 – 31 (больше по запросу)									
Диапазон рабочих температур	[°C]	–50 … +40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E (устройства с изоляцией SF_6) – A (устройства с масляной изоляцией)									
Класс точности измерения		0.1 – 0.2 – 0.5 – 1.0 – 3.0									
Выходная нагрузка (только переменный ток)		для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика (очень низкая выходная нагрузка для резонансно-емкостного делителя > 100 кΩ)									
Класс точности защиты		3P – 6P									
Выходной тепловой предел	[ВА]	3,000 [1]									
Значения в соответствии с IEC; имеются другие значения, например, ANSI; [1] только для трансформаторов напряжения											

Таблица 16. Технические данные трансформаторов напряжения Trench для подстанций с воздушной изоляцией (AIS)

Высоковольтные реакторы

Партнерские отношения по всему миру

Более 250 000 катушек поставлено более чем в 170 стран мира. Более 60 лет опытной эксплуатации.



Подтверждение надёжности

- Компанией Trench разработана технология реакторов для ОРУ
- Trench – крупнейший производитель реакторов в мире
- Более 250 000 единиц оборудования эксплуатируется по всему миру
- Жизненный цикл продукта составляет более 30 лет
- В основе разработок Trench:
  – более 60 лет опыта
  – непрерывные разработки НИОКР
  – четыре центра компетенции по всему миру

Непрерывные инновации с 1900 года

1900 – Основание

- Технология открытых обмоток
- Литой бетонный корпус, кабель большого сечения, воздушная межвитковая изоляция
- Технология ограничения малыми катушками и перераспределением напряжений

1960 – Становление

- 1954 основание Spezielektra (сегодня Trench Австрия)
- 1962 основание Trench Electric (сегодня Trench Канада)
- Покрытие обмоток эпоксидной смолой и стекловолокном
- Уменьшение диаметра проводника
- Плёночное покрытие обмоток
- Параллельная намотка обмоток

с 70х по 90е – Развитие

- Развитие технологии изоляции и проводников
- Повышение стойкости к токам КЗ
- Новые линейки продукции: SVC, фильтры, HVDC, шунт-реактор высокой проводимости

2000е

Фокус на передачу электроэнергии

- Большие серийные реакторы: EHV, токоограничивающие и регулирующие реакторы
- Специальный акустический дизайн
- Повышенная сейсмостойкость всех больших обмоток
- Высоковольтный шунтирующий реактор

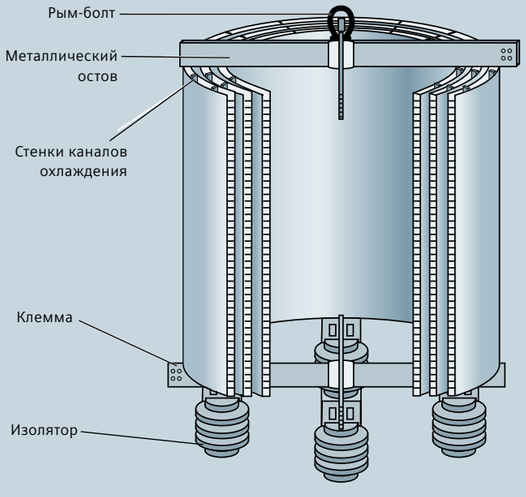


Рис. 55. Типовая конструкция реактора сухого типа с воздушным сердечником производства Trench

Рис. 56. Трехфазный многоярусный токоограничивающий реактор

Рис. 57: Объединенные в тройки шунтирующие реакторы

Введение

Благодаря сорокалетнему опыту практической деятельности бренд Trench стала признанным лидером в области разработки и производства воздушных, сухих, силовых реакторов для всех областей промышленности и ЖКХ. Уникальный индивидуализированный подход к разработке, а также полностью интегрированные инженерные и производственные объекты в Северной Америке, Европе и Китае позволили Trench стать техническим лидером по производству высоковольтных реакторов по всему миру.

Глубокая приверженность работе в энергетической отрасли, а также масштабные инвестиции в инженерно-технические разработки, производство и испытательные мощности приводят к тому, что Trench предоставляет своим заказчикам высококачественную, надежную продукцию. Покупателям реакторов Trench предлагается широкий спектр продукции данного типа: от токоограничивающих реакторов низкого напряжения до сложных реакторов сверхвысокого напряжения, мощностью свыше 300 МВА на катушку.

Реакторы производятся в соответствии со стандартом качества ISO 9001. Масштабная исследовательская программа Trench постоянно учитывает новые технологии и их потенциальное применение в реакторной продукции.

Особенности конструкции

Особенности конструкции сухих реакторов с воздушным сердечником:

- Пропитанная эпоксидной смолой, заключенная в стекловолоконную оболочку конструкция
- Токовая катушка из алюминия
- Высокая механическая прочность и устойчивость к действию токов короткого замыкания
- Фактически нулевой градиент радиального напряжения с равномерно распределенным аксиальным напряжением между контактами
- Низкий уровень шума поддерживается на протяжении всего срока службы реактора
- Водонепроницаемая конструкция с минимальными требованиями к обслуживанию
- Срок службы конструкции превышает 30 лет
- Доступные конструкции соответствует ANSI/IEEE, IEC и другим основным стандартам

Конструкция

Реактор сухого типа с воздушным сердечником производства Trench состоит из ряда параллельно подключенных, индивидуально изолированных алюминиевых (медных по требованию заказчика) проводников (рис. 55). Эти проводники могут представлять собой тонкие провода или изолированные кабели, разработанные и произведенные на заказ. Размер и вид проводника, использованного в каждом реакторе, зависит от спецификации реактора. Различные стили и размеры доступных проводников обеспечивают оптимальные характеристики при экономии затрат.

Обмотка механически укреплена стекловолокном, пропитанным эпоксидной смолой, которая после тщательно выверенного цикла вулканизации в печи приводит к созданию заключенной в оболочку обмотки. Сеть горизонтальных и вертикальных стекловолоконных связок наряду с созданием оболочки сводит к минимуму вибрацию в реакторе и добивается высокой механической прочности. Конец каждой обмотки выведен на ряд алюминиевых стержней под названием остов. В результате образуется очень жесткое устройство, способное выдержать электродинамические воздействия токов короткого замыкания.

Эта уникальная конструкция может быть установлена в любых климатических условиях и в сейсмоактивных зонах, при этом демонстрировать оптимальные характеристики.

Реакторы сухого типа с воздушным сердечником от Trench способны функционировать в районах с высоким загрязнением.

Помимо стандартной обмотки, предназначенной для постоянного реактивного сопротивления, устройства могут быть поставлены в комплекте с отводами для катушки с переменной индуктивностью.

Для изменения индуктивности в целях точной настройки или повышения индуктивности существует ряд методик.

Помимо этого, Trench использует множество других конструкций реакторов, например, с железным сердечником и с водным охлаждением.

Последовательные реакторы

Реакторы подключены последовательно кабельной или воздушной линии. Они применяются для снижения тока короткого замыкания, распределения нагрузки в параллельных цепях, ограничения броска тока в батареях конденсаторов и т. п.

Токоограничивающие реакторы

Токоограничивающие реакторы предназначены для работы в энергосистемах. С их помощью ограничиваются токи короткого замыкания в электрических сетях, и обеспечивается поддержание уровня напряжения в электроустановках в случае короткого замыкания (рис. 56). Области применения варьируются от простых распределительных фидерных реакторов до крупных межшинных реакторов высокого и сверхвысокого напряжения.

Рис. 58: Сглаживающий высоковольтный реактор постоянного тока

Рис. 59: Дугогасящая катушка 110 кВ

Конденсаторные реакторы
Конденсаторные реакторы устанавливаются параллельно батареи конденсаторов, чтобы ограничить броски тока, возникающие при коммутации и с целью ограничения токов близких коротких замыканий. Кроме того с их помощью устраняется явление резонанса, возникающее вследствие подключения батареи конденсаторов к энергосистеме.

При заказе конденсаторных реакторов учитывается длительно допустимый ток, протекающий через реактор, а также содержание в токе высших гармоник и допустимые перенапряжения в сети, возникающие вследствие подключения конденсаторных батарей.

Буферные реакторы для электродуговых печей
Наиболее эффективное применение буферных реакторов – электродуговые печей (EAF). Режим работы электродуговой печи – низкое напряжение и большой ток через электрод. Это требует использования последовательного реактора в системе питания трансформатора электродуговой печи для стабилизации дуги.

Дуплексные реакторы
Дуплексные реакторы представляют собой токоограничивающие реакторы, которые состоят из двух полуобмоток, накрученных в противоположном направлении. Эти реакторы обеспечивают имеют низкое реактивное сопротивление при нормальных условиях и высокое реактивное сопротивление в режиме короткого замыкания.

Реакторы контроля потокораспределения
Реакторы контроля потокораспределения включаются последовательно в ЛЭП до 800 кВ. В результате чего можно изменять электрическое сопротивление линии, тем самым меняя потокораспределение в энергосистеме.

Фильтровые реакторы
Состав нагрузки с нелинейной характеристикой зависит от типа промышленного предприятия. На металлургических заводах основным источником высших гармоник тока являются тиристорные преобразователи, которые относятся к мощным концентрированным источникам гармоник. Мощность преобразователей достигает 80 – 90% мощности всего электрооборудования. На химических заводах и предприятиях цветной металлургии наиболее мощными и энергоемкими потребителями являются электролизные установки, питание которых в основном осуществляется от управляемых преобразователей. Преобразователи применяются на заводах по получению химического волокна, для электрохимической обработки металлов. На целлюлозно-бумажных комбинатах внедряются картонно-бумагоделательные машины, оснащенные регулируемыми приводами с тиристорными преобразователями. На многих предприятиях широко применяются установки электродуговой и контактной сварки с преобразователями в качестве источников питания. Источником высших гармоник являются также газоразрядные лампы, устанавливаемые в цехах промышленных предприятий.

Порядок высших гармоник тока преобразователей определяется по выражению:
$v = тк \pm 1$,
где т – фазность (пульспость) преобразователя;
к = 1,2,3...

Снижение уровней высших гармоник является частью задачи по уменьшению влияния нелинейных нагрузок на питающую сеть и улучшению качества электрической энергии в электрических сетях предприятий. В таких режимах используются фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), содержащие конденсаторные батареи и последовательно соединенные с ними фильтровые реакторы с резисторами или без них и предназначенные для фильтрации высших гармоник тока и одновременно генерации реактивной мощности на основной частоте.

Установлено, что время жизни диэлектриков, в том числе составляющих изоляцию кабелей, существенно уменьшается с повышением частоты переменного электрического поля. Присутствие гармоник обусловливает дополнительные потери в изоляции, что сказывается на явлении теплового старения. Токи утечки в кабелях при уровне высших гармоник 6 – 8,5% в напряжении через 2,5 года эксплуатации становились на 31%, а через 1,5 года — на 43% больше, чем в сети, где гармоники отсутствуют.

Фильтровые реакторы рекомендуется выполнять без магнитной системы. При их выполнении с магнитной системой должна быть обеспечена линейность вебер-амперной характеристики при значении тока, не меньшем арифметической суммы амплитуд тока основной частоты и частоты гармоники настройки, за исключением переходных режимов.

Конструктивно фильтровые реакторы выполняются в виде многослойной обмотки и каркаса для ее крепления. Обмотки реакторов, предназначенные для установки в помещении, пропитываются кремнийорганическим лаком. Для охлаждения реакторов предусмотрены межслоевые воздушные каналы. Реакторы трех фаз каждого фильтра могут располагаться вертикально друг над другом либо горизонтально на одной площадке в виде отдельной конструктивной единицы.

Шунтирующие реакторы
Шунтирующие реакторы используются для компенсации реактивной мощности, генерирующейся легко нагруженными линиями электропередачи. Они обычно подключаются к нейтрали обмотки трансформатора соединенной в звезду, но также могут быть напрямую подключены к системам вплоть до 115 кВ.

Шунтирующие реакторы с тиристорным управлением (TCR) широко используются в статических компенсаторах реактивной мощности, в которых реактивная мощность регулируется с помощью тиристоров (рис. 57). Для статической компенсации реактивной мощности используют:

- Шунтирующие реакторы с тиристорным управлением. Компенсирующая мощность изменяется путем контроля тока через реактор посредством тиристорных вентилей.
- Реакторы с тиристорным управлением (TSR)
- Конденсаторные реакторы с тиристорным управлением (TSC)
- Фильтровые реакторы (FR)

Высоковольтные реакторы постоянного тока
Высоковольтные линии постоянного тока используются для электропередачи большой мощности на дальние расстояния, а также как «вставка постоянного тока» между разными энергосистемами, например, Россия-Финляндия.
Высоковольтные реакторы постоянного тока бывают:
- Сглаживающие реакторы
- Фильтровые реакторы для подавления гармоник тока
- Реакторы для высокочастотной связи по ЛЭП.

Сглаживающие реакторы
Сглаживающие реакторы (рис. 58) используются для снижения пульсаций выпрямленного постоянного тока. Они используются, например, в приводах с переменной скоростью и системах UPS. Они также используются в передающих высоковольтных линиях постоянного тока для системного напряжения до 500 кВ. У Trench много предложений для решения этих задач.

Лабораторные испытательные реакторы
Лабораторные испытательные реакторы устанавливаются в высоковольтных и высокомощных испытательных лабораториях. Стандартное применение: ограничение токов, испытания выключателей, индуктивное накопление энергии и моделирование ЛЭП.

Реакторы в цепи заземления нейтрали
Реакторы подключаются к нейтрали обмоток силовых трансформаторов, и служат для ограничения тока однофазного короткого замыкания на землю до установленного уровня. При заказе таких реакторов необходимо учитывать величину тока в нейтрали трансформатора в нормальном режиме работы электрической сети.

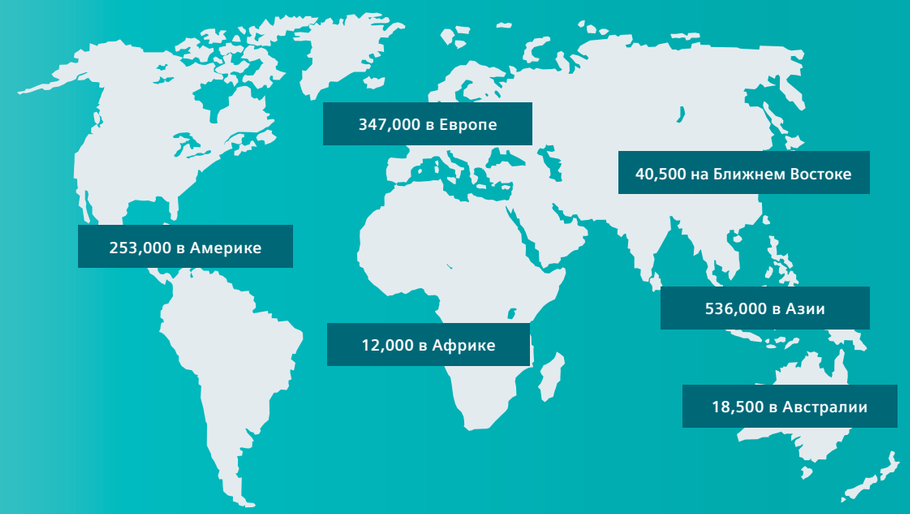
Дугогасящие катушки
Однофазные реакторы заземления нейтрали (дугогасящие катушки) предназначены для компенсации емкостного тока замыкания на землю при однофазном замыкании на землю. Дугогасящая катушка (ASC), производства Trench, представляет собой центральный элемент системы защиты от замыкания на землю (рис. 59).

Поскольку в процессе работы электрической системы возможны изменения ее конфигурации, индуктивное сопротивление дугогасящей катушки ASC должно быть переменным. Система обнаружения замыкания на землю, разработанная Trench, использует катушку с подвижным сердечником. На основе широкого опыта проектирования, конструирования и применения ASC, продукция Trench удовлетворяет даже самым строгим требованиям к устройствам компенсации емкостных токов замыкания на землю.

Вводы

Партнёрские отношения по всему миру

Более 1.2 млн. изоляторов поставлено по всему миру за последние 25 лет.



Подтверждение надёжности

Вводы HSP и Trench сертифицированы на соответствие новейшим международным и российским стандартам, таким как ISO/EN, ANSI, МЭК, ГОСТ и т.д. Это гарантирует жизненный цикл продукции более 30 лет.

Наработка на отказ (MTBF)

- RIP с бумажной изоляцией 38 000 лет
- OIP с масляной изоляцией 10 200 лет

Непрерывные инновации с 1913 года

1913 Первый изолятор конденсатора из пропитанной бумаги

1958 Ввод трансформатора 380 кВ с масляной пропиткой

1960 Начало производства изоляторов с бумажной изоляцией, пропитанной эпоксидной смолой

1987 Первый ввод 420 кВ для наружной установки с силиконовым покрытием изоляции

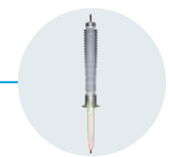
1997 Первый сухой HVDC трансформатор 500 кВ с бумажной изоляцией и проходными изоляторами

2009 Первый сухой HVDC трансформатор 800 кВ с бумажной изоляцией и проходными изоляторами

2012 Первый сухой HVDC трансформатор 1100 кВ с бумажной изоляцией

2013 Первый трансформаторный ввод 800 кВ с теплоотводящими трубками

2014 Начало производства вводов с пропиткой синтетической смолой



Высоковольтные вводы

Высоковольтные вводы являются конструктивным элементом трансформаторов, шунтирующих реакторов, масляных выключателей, комплектных элегазовых распределительных устройств (КРУЭ), а также применяются как самостоятельный элемент в закрытых распределительных устройствах.

По назначению высоковольтные вводы подразделяются на:

- вводы для трансформаторов;
- вводы для шунтирующих реакторов;
- вводы для масляных выключателей;
- вводы для КРУЭ (GIS);
- линейные вводы.

Типичные условия эксплуатации:

- Масло-воздух
- Масло-газ
- Масло-масло
- SF6-воздух
- Воздух-воздух

Внутренняя изоляция ввода выполнена из различных изоляционных материалов:

- Пропитанная маслом бумага
- Пропитанная эпоксидной смолой бумага
- Газ SF6

Внешняя изоляция выполнена из:

- Эпоксидной смолы для применения на открытом воздухе
- Фарфоровых или стекловолоконных трубок, с юбкой из силиконового каучука для применения на открытом воздухе

Передовые разработки позволяют изготавливать выводы, не требующие технического обслуживания.

Вводы современной конструкции вводов описаны в следующих разделах.

Трансформаторные вводы: конструкция с пропитанной маслом бумагой (OIP)

Самым распространенным видом внутренней изоляции для вводов в настоящее время является бумажно-масляная изоляция, основу которой представляет бумажный остов, намотанный на токоведущую трубку и пропитанный изоляционным маслом. В бумажном остове располагаются уравнительные обкладки, регулирующие электрическое поле. Благодаря высокой кратковременной и длительной электрической прочности бумажно-масляная изоляция с успехом эксплуатируется в высоковольтных вводах уже десятки лет.

Трансформаторные вводы: конструкция с пропитанной эпоксидной смолой бумагой (ERIP)

Вводы данного типа обладают следующими достоинствами:

- абсолютно сухая, взрыво- и пожаробезопасная, не требующая обслуживания конструкция;
- стабильность свойств на всем протяжении эксплуатации;
- высокая трекингостойкость;
- гидрофобность внешней изоляции, снижающая вероятность перекрытия даже при увлажнении загрязненной изоляции;
- эластичность полимерной изоляции, снижающая риск повреждений при транспортировке и монтаже;
- отсутствие ограничений по величине угла установки к вертикали;
- стойкость к сейсмическим нагрузкам;
- минимальная масса;
- экологическая безопасность.

Трансформаторные вводы: для больших токов

Вводы этого типа разработаны для напряжения от 17,5 кВ до 36 кВ и силы тока от 6300 А до 31500/40000 А. Центральный вывод выполнены из алюминия или меди. Внутренняя часть предоставляет собой конденсатор с вакуумной пропиткой эпоксидной смолой (рис. 60).

Другие трансформаторные вводы: масляно-газовые и масляные

Масляно-газовые разновидности предназначены для прямого подключения силовых трансформаторов к газонаполненному распределительному оборудованию. Масляные разновидности предназначены для прямого соединения в пределах силового трансформатора (рис. 61). Обе разновидности состоят из основного изолирующего блока RIP (пропитанной эпоксидной смолой бумаги). Сердечник конденсатора выполнен из специальной бумаги, прошедшей вакуумную пропитку эпоксидной смолой, и фольги для выравнивания потенциала ввода, чтобы обеспечить равномерное распределение напряжения. Такая изоляция доказала свою надежность на протяжении более чем 40 лет службы на различных станциях и подстанциях. Высококачественная изоляция позволяет создать компактную конструкцию. Вводы с такой изоляцией также обладают низким уровнем частичного разряда не только при рабочем напряжении, но и при напряжении, значительно его превышающем.

Высоковольтные вводы постоянного тока: трансформаторные и настенные

Растущий спрос на высоковольтную передачу электроэнергии постоянного тока требует разработки надежных и эффективных трансформаторных и настенных вводов напряжением до 800 кВ постоянного тока (рис. 66). Решения ERIP часто вызывают предпочтение благодаря их превосходной работе в сильно загрязненной среде или в связи с их механической прочностью, особенно при сейсмической активности. Примеры передовых решений можно видеть в проекте Тянь Гуан/Китай (рис. 64), в который включены:

- настенные вводы на 515 кВ
- трансформаторные вводы на 412/212 кВ

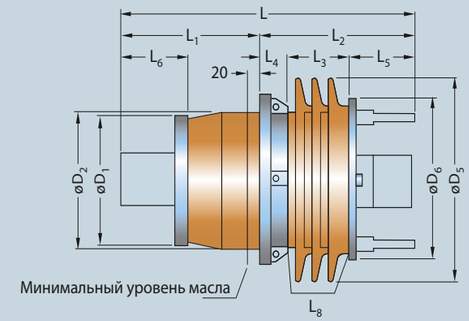


Рис. 60: Трансформаторный ввод – сильноточный

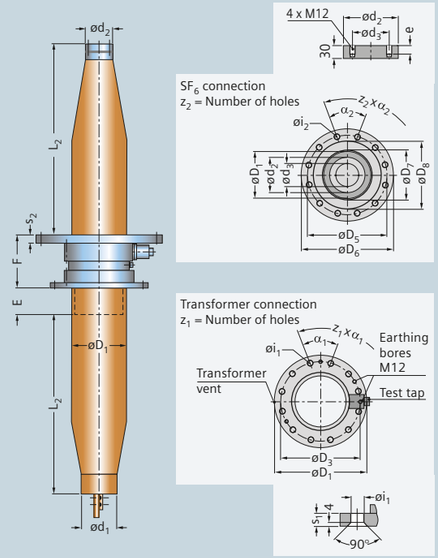
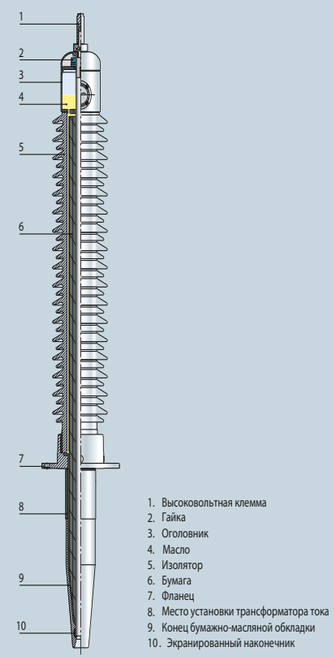
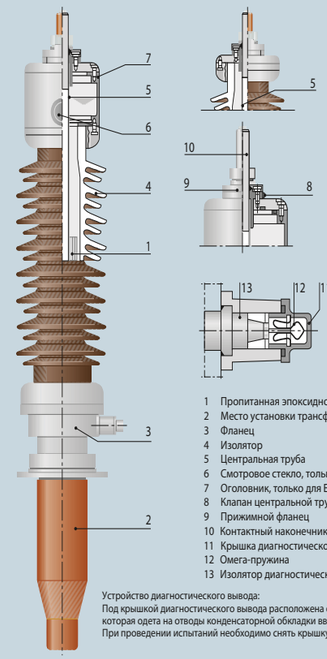


Рис. 61: Трансформаторный ввод – масляно-газовый



1. Высоковольтная клемма
2. Гайка
3. Оголовник
4. Масло
5. Изолятор
6. Бумага
7. Фланец
8. Место установки трансформатора тока
9. Конец бумажно-масляной обкладки
10. Экранированный наконечник

Рис. 62: Общая конструкция трансформаторного ввода на основе пропитанной маслом бумаги (вид в разрезе)



1 Пропитанная эпоксидной смолой бумага
2 Место установки трансформатора тока
3 Фланец
4 Изолятор
5 Центральная труба
6 Смотровое стекло, только для ETF
7 Оголовник, только для ETF
8 Клапан центральной трубы
9 Прижимной фланец
10 Контактный наконечник
11 Крышка диагностического вывода
12 Омега-пружина
13 Изолятор диагностического вывода

Устройство диагностического вывода:
Под крышкой диагностического вывода расположена омега-пружина, которая одета на отводы конденсаторной обкладки ввода.
При проведении испытаний необходимо снять крышку с омега-пружиной.

Рис. 63: Трансформаторный ввод – конструкция на основе пропитанной эпоксидной смолой бумаги (ERIP)

Рис. 64. Высоковольтные вводы постоянного тока на 500 кВ – Three Gorges, Китай

Рис. 66. Трансформаторный ввод сверхвысокого напряжения постоянного тока на 800 кВ

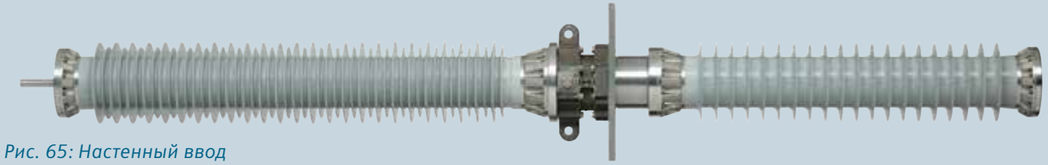


Рис. 65: Настенный ввод

Настенные вводы

Настенные вводы (рис. 65 выше, рис. 69) разработаны для использования в высоковольтных подстанциях, с установкой на крыше или стене:

- Внутренние/внутренние вводы для сухих условий в помещении
- Наружные/внутренние вводы для использования между открытым воздухом (наружной атмосферой) и сухими условиями в помещении
- Наружные/наружные вводы, оба конца которых контактируют с открытым воздухом (наружной атмосферой)

Основное изолирующее тело рассчитано на емкостное сопротивление. Ряд проводящих слоев расположен коаксиально на рассчитанных расстояниях между центральной трубкой и фланцем, что приводит к практической линейности аксиального распределения напряжения на поверхности ввода, а значит и к минимальной нагрузке на окружающий воздух.

Вводы GIS

Эти вводы предназначены для использования в подстанциях газонаполненным оборудованием, в основном для подключения к высоковольтным линиям. Имеется электродная конструкция до 245 кВ или конденсаторная конструкция свыше 245 кВ (рис. 68). Постоянно растет спрос на композитные конструкции, особенно для более высоких напряжения и районов с сильным загрязнением воздуха.

Генераторные вводы

Генераторные вводы (рис. 67) разработаны для выводов тока, снимаемого с обмоток статора через заземленный корпус генератора, наполненный сжатым водородом. Генераторные вводы выпускаются в исполнении от 12 кВ до 36 кВ и для номинальных токов до 45 000 А. Они обладают естественным, газовым или жидкостным охлаждением.

Рис. 69. Испытание настенного высоковольтного ввода постоянного тока

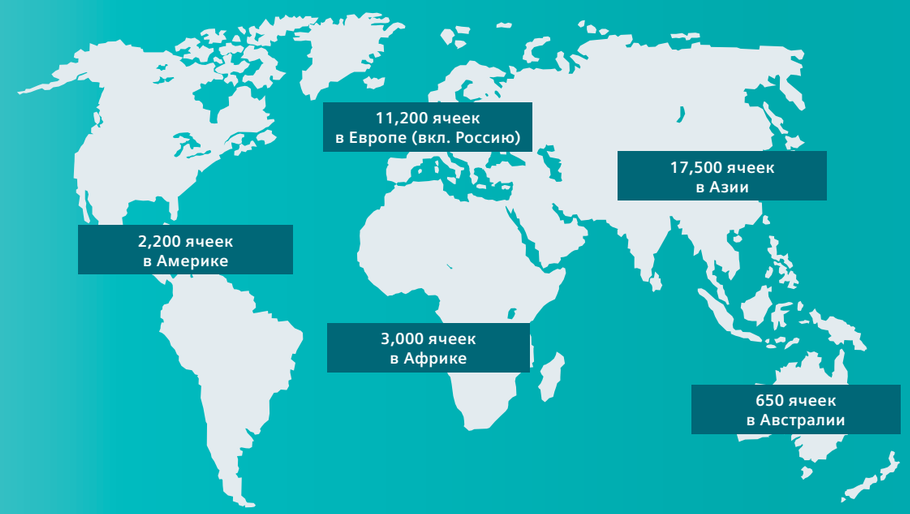
Рис. 67. Ввод генератора

Рис. 68. Вводы SF6 с композитным корпусом для установки под открытым небом

КРУЭ для подстанций

Партнёрские отношения по всему миру

Более 34 500 ячеек по всему миру и более 420 000 ячейко-лет в эксплуатации.



Подтверждение надёжности

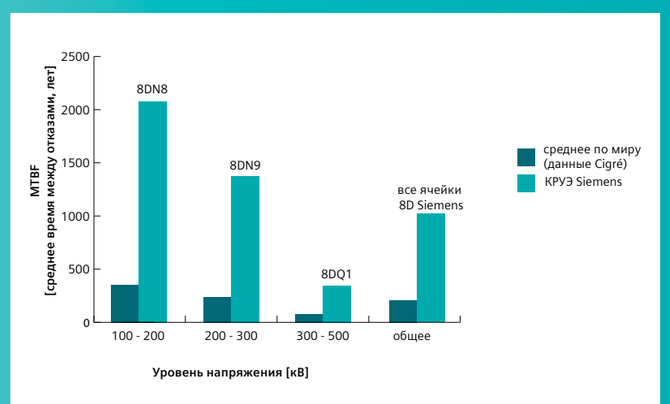


Рис. 1: **Сравнение наработки на отказ Siemens с данными Cigré по средней наработке на отказ [1) 2)]**

[1)] *Источник: Cigré´s 3rd Survey WG A3.06, 10/2012; расчёты основаны на Cigré 513; таб. 5-52.*

[2)] *Сравнение статистики по видам КРУЭ исходя из уровней напряжения из Cigré´s 3rd Survey WG A3.06, 10/2012.*

Непрерывные инновации с 1968 года

1968 Производство первого КРУЭ на заводе в Берлине. Завод выпускает:
- 8DN8 (145 кВ, 170 кВ)
- 8DN9 (245 кВ)
- 8DQ1 (420 кВ, 550 кВ)

Производство первого КРУЭ 123 кВ, которое остаётся в эксплуатации уже более 48 лет

1972 Начало производства КРУЭ 245 кВ

1974 Начало производства КРУЭ 420 кВ

1976 Начало производства трёхполюсного КРУЭ 110 кВ

1986 Начало производства КРУЭ 300 кВ

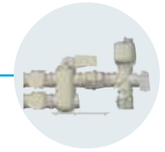
1988 Начало производства КРУЭ 550 кВ

2001 Завод КРУЭ в Шанхае (Китай)
Завод выпускает:
- SMART (145 кВ)
- 8DN8 (145 кВ)
- 8DN9 (245 кВ)
- 8DQ1 (550 кВ)

2009 Завод КРУЭ в Аурангабаде (Индия)
Завод выпускает:
- 8DN8 (145 кВ)
- 8DN9 (245 кВ)
- 8DQ1 (420 кВ)

2010 Начало производства КРУЭ 420 кВ с одним разрывом на полюс

2011 Начало производства КРУЭ 170 кВ, 63кА



2012 Начало производства КРУЭ 420 кВ, 80 кА

2013 Начало производства КРУЭ 245 кВ, 80/90 кА

2016 Начало производства вакуумного КРУ 145 кВ с изоляцией на “чистом воздухе”

3.1.6 КРУЭ для подстанций

Характеристики КРУЭ
Концепт КРУЭ производства компании Сименс подтверждает свои качества с 1968 года – по всему миру установлено более 29 000 ячеек (табл. 3.1-1). Никакой другой тип РУ не может сравниться с КРУЭ, т.к. оно предлагает следующие выдающиеся преимущества:

- Минимальная требуемая площадь:
  В местах, где доступность земли мала и/или велики цены на землю, например, в промышленных центрах и агломерациях, гористой местности с узкими долинами или на подземных ПС КРУЭ заменяет традиционные РУ благодаря очень малым требованиям по площади.
- Полная защита от контакта с частями РУ под напряжением:
  Металлический корпус обеспечивает максимальную безопасность персонала при работе с КРУЭ в нормальном и аварийном режиме.
- Защита от загрязнения:
  Металлический корпус полностью защищает внутренность РУ от воздействия факторов внешней среды таких как соляной туман, солевые отложения в прибрежных регионах, промышленные испарения и осадки, пыльные бури.
- Свободный выбор места установки:
  Малая занимаемая КРУЭ площадь снижает объем работ по землеустройству и фундаментам, например, в районах с вечномерзлыми грунтами. Другим преимуществом является быстрая установка на месте и ввод в эксплуатацию. Это возможно благодаря малому времени установки и использованию модулей и ячеек, поставляемых в состоянии заводской готовности.
- Защита окружающей среды:
  Необходимость в защите окружающей среды часто делает сложной установку традиционного ОРУ. Как правило, КРУЭ может быть изготовлено таким образом, чтобы хорошо вписаться в окружение. Благодаря модульному исполнению, КРУЭ весьма гибко и выполняет любые требования по конфигурации.

Каждая ячейка выключателя содержит полный набор разъединителей и заземлителей (обычных и с включающей способностью), измерительных трансформаторов, устройств управления и защиты, а так же устройств блокировки и мониторинга, применяемых для КРУЭ.

Кроме традиционных ячеек выключателей, могут быть поставлены ячейки других типов, таких как: ячейка одиночной системы шин, ячейка одиночной системы шин с обходной, шиносоединительный выключатели, ячейки для двойной и тройной систем шин.

Линейка КРУЭ для подстанций
Компания Сименс выпускает КРУЭ с номинальным напряжением от 72,5 до 800 кВ. В основную продуктовую линейку входят КРУЭ с номинальным напряжением до 550 кВ (табл. 3.1-2). Кроме того, в 2014 году продуктовая линейка расширилась за счет КРУЭ постоянного тока с номинальным напряжением ±320 кВ (см. раздел 2.2.5).

Разработка этого РУ была основана на двух принципах: соответствие высоким техническим требованиям к высоковольтным РУ и обеспечение максимальной выгоды заказчика.

Более чем 45 лет опыта с элегазовыми распредустройствами	
1960	Начало фундаментальных исследований в изучении и развитии SF6 технологии
1964	Появление первого SF6 выключателя
1968	Появление первого элегазового РУ (РУЭ)
1974	Появление первого элегазовой линии (420 кВ)
1997	Представление интеллектуальной ячейки с интегрированным управлением, мониторингом и диагностикой
1999	Представление нового поколения РУЭ: Дугогасительная камера с автокомпрессией и механизмом с пружинным приводом
2000	Представление перспективной концепции распредустройства HIS (Распредустройство высокой степени интеграции) для расширения, модернизации и новых компактных подстанций с воздушной изоляцией.
2005	Первое РУЭ с высокой коммутационной стойкостью(класс E2)
2009	Новое поколение изоляторов с литой изоляцией для РУЭ
2010	Новое РУЭ 420 кВ/80кА -мощное и компактное
2011	Новое РУЭ 170 кВ/80кА -мощное и компактное
2011	Новое РУЭ 420 кВ/63кА -мощное и компактное

Таблица. 3.1-1: **Опыт компании Сименс в области КРУЭ**

Достижение этой цели стало возможно только благодаря приведение всех процессов в соответствие с системой управления качеством, которая была внедрена и сертифицирована по EN 29001 / DIN EN ISO 9001.

Производимые компанией Сименс КРУЭ соответствуют всем требованиям к эксплуатации, качеству и надежности, в том числе:

- Компактное и легкое исполнение:
  Малые размеры здания и низкие нагрузки на пол, широкие возможности по использованию пространства и малая площадь, занимаемая КРУЭ.
- Безопасный корпус:
  Выдающийся уровень безопасности, основанный на новых методах изготовления и оптимизации корпуса КРУЭ.
- Экологическая безопасность:
  Отсутствие ограничений по выбору площадки благодаря малой занимаемой площади; крайне низкий уровень шума и ЭМ-помех, а так же эффективная система герметизации (утечка элегаза <0,1% в год из одного газового объема). Современный пружинный привод выключателя, доступный для всех КРУЭ типа 8D – отсутствие необходимости применения гидравлического масла.

Рис. 3.1-33: **КРУЭ типа 8DN8 с номинальным напряжением 110 кВ**

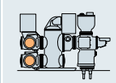
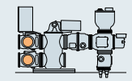
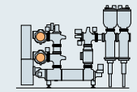
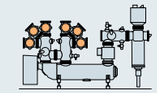
				
Тип распредустройства	8VN1	8DN8	8DN9	8DQ1
Номинальное напряжение (кВ)	до 145	до 170	до 245	до 420/550
Испытательное напряжение промышленной частоты (кВ)	275	до 325	до 460	до 650/740
Испытательное напряжение грозового импульса (кВ)	650	до 750	до 1050	до 1425/1800
Испытательное напряжение коммутационного импульса (кВ)	–	–	до 850	до 1050/1250
Номинальный ток, сборная шина (А)	до 3150	до 4000	до 4000	до 6300
Номинальный ток, фидер (А)	до 3150	до 4000	до 4000	до 5000
Ток отключения короткого замыкания (кА)	до 40	до 63	до 50	до 63
Ток термической стойкости (кА)	до 40	до 63	до 50	до 63
Ток электродинамической стойкости (кА)	до 108	до 170	до 135	до 170
Среда гашения дуги	вакуум	элегаз		
Среда изоляции т.в.ч.	“чистый воздух”	элегаз		
Ширина ячейки (мм)	1000	650/800/1000	1500	2200/3600
Инспекция (лет)	> 25			

Таблица. 3.1-2: **Основная продуктовая ячейка КРУЭ**

- Экономичная транспортировка:
  Упрощенная и более дешевая транспортировка благодаря малому количеству перевозимых устройств
- Низкие эксплуатационные расходы:
  КРУЭ практически не требует обслуживания – контакты выключателей и разъединителей имеют высокую стойкость к износу, привод выключателя не требует смазывания на всем сроке службы, корпус КРУЭ не подвержен коррозии. Это обеспечивает необходимость первой проверки только через 25 лет после ввода в эксплуатацию.
- Высокая надежность:
  Продолжительный опыт компании Сименс в проектировании, изготовлении и вводе КРУЭ в эксплуатацию. Более 330 000 часов наработки у более, чем 29 000 ячеек КРУЭ по всему миру являются доказательством того, что продукты компании Сименс имеют высокую надежность. Время между существенными отказами для одной ячейки составляет 950 лет. Система управления качеством, сертифицированная по ISO 9001, которая поддерживается высококвалифицированными сотрудникам, гарантирует высокое качество на всем производственном процессе. Наши службы оказывают всестороннюю поддержку на всех этапах – с самого начала, во время эксплуатации КРУЭ и до его переработки (рис. 3.1-34.
- Простая установка и ввод в эксплуатацию:
  Транспортные единицы полностью собраны и испытаны на заводе, а так же заполнены элегазом при пониженном давлении. Пронумерованные кабельные присоединения позволяют свести время установки к минимуму и сократить риск неправильных подключений.
- Заводские испытания:
  Все измерения автоматически документируются и сохраняются в электронной информационной системе, что позволяет быстро найти результаты измерений, произведенных в любое время.

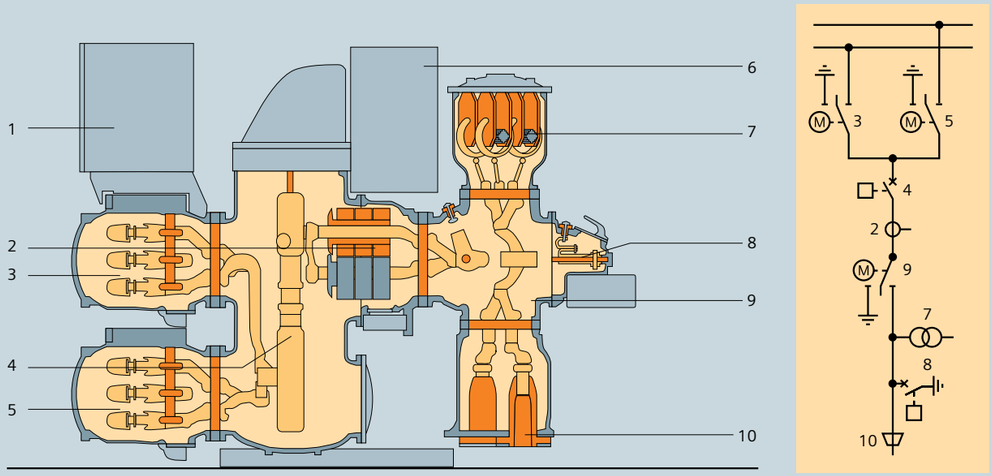
КРУЭ в трехфазном исполнении типа 8DN8 с номинальным напряжением до 170 кВ позволяет получить компоненты малого размера.
Малый вес ячеек обеспечивает малые нагрузки на пол, а так же помогает снизить затраты на строительные работы и уменьшить общую площадь. Компактное исполнение при малом весе позволяет установить КРУЭ практически где угодно. Капитальные затраты снижаются при применении небольших или уже существующих зданий, например при замене РУ среднего напряжения на КРУЭ 145 кВ (рис. 3.1-35).

В основе ячейки КРУЭ, установленной на несущей раме, лежит выключатель (рис. 3.1-33). Специальный многофункциональный соединительный модуль совмещает функции разъединителя и заземлителя в трехпозиционном коммутационном аппарате. Он может быть использован как:

- Шина с встроенным разъединителем и рабочим заземлителем (рис. 3.1-33, поз. 3 и 5)
- Модуль отходящего присоединения с встроенным разъединителем и рабочим заземлителем (рис. 3.1-33, поз. 9)
- Модуль секционирования шины с шинным заземлителем

Модули кабельного присоединения могут быть оснащены традиционными заделками или появившимися позже кабельными муфтами (рис. 3.1-33, поз. 10). Гибкие одополюсные модули применяются для соединения траснформаторов и ВЛ с модулем-разделителем, который соединяет трехполюсное КРУЭ с однофазным модулем присоединения.

Благодаря своему компактному исполнению, полностью собранная и испытанная ячейка может быть доставлена как одна транспортная единица. Быстрая установка и ввод в эксплуатацию обеспечивают высочайшее качество.



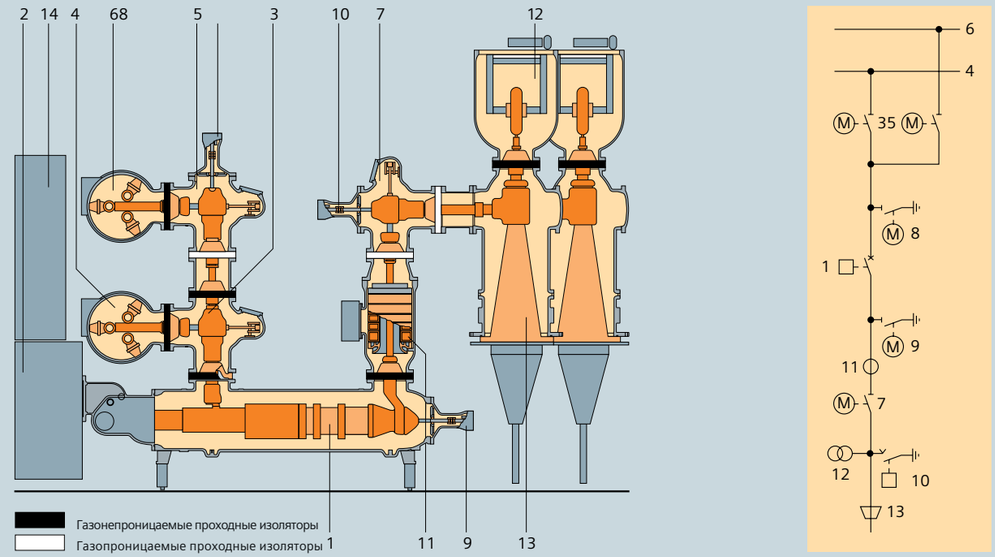
1 Шкаф управления
2 Трансформатор тока
3 Сборная шина 2 с разъединителем и заземлителем
4 Дугогасительная камера силового выключателя
5 Сборная шина 1 с разъединителем и заземлителем
6 Пружинный привод с модулем управления выключателем
7 Трансформатор напряжения
8 Быстродействующий заземлитель
9 Модуль отходящего фидера с разъединителем и заземлителем
10 Кабельная концевая муфта

Рис. 3.1-34: **Объем деятельности при заказе КРУЭ**

Рис. 3.1-35: **КРУЭ типа 8DN8 с номинальным напряжением 145 кВ**

Устройства управление и защиты могут быть установлены в шкафу управления ячейки, размещенном на передней стороне каждой ячейки (рис. 3.1-33, поз. 1). Кроме того, самые современные устройства мониторинга доступны по заказу, например для контроля частичных разрядов в режиме on-line.

Рис. 3.1-36: **Ячейка КРУЭ типа 8DN8 с номинальным напряжением 145 кВ.**



1. Дугогасительная камера силового выключателя
2. Пружинный привод с модулем управления выключателем
3. Шинный разъединитель I
4. Сборная шина I
5. Шинный разъединитель II
6. Сборная шина II
7. Разъединитель отходящего фидера
8. Рабочий заземлитель
9. Рабочий заземлитель
10. Быстродействующий заземлитель
11. Трансформатор тока
12. Трансформатор напряжения
13. Кабельная концевая муфта
14. Шкаф управления

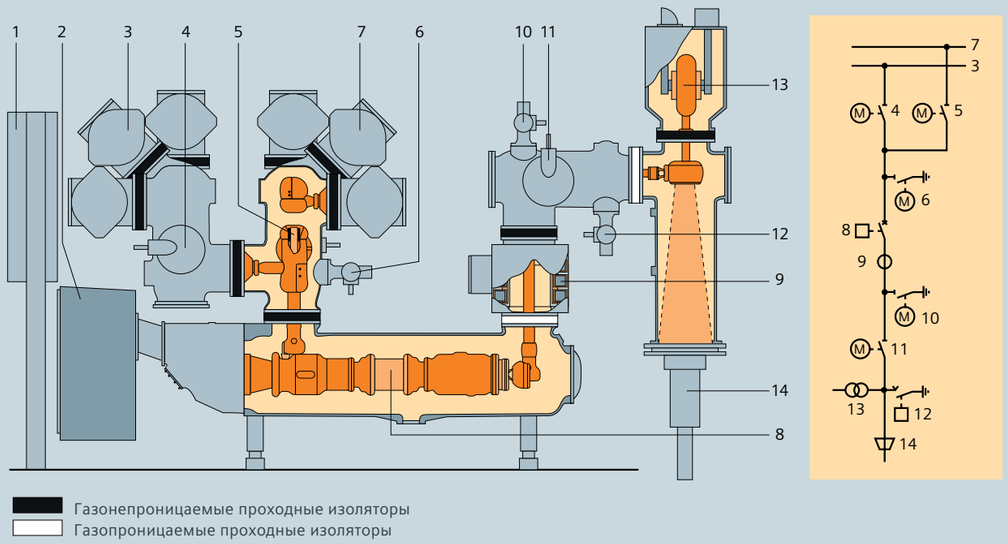
Рис. 3.1-37: **КРУЭ типа 8DN9 с номинальным напряжением 245 кВ, шины в трехполюсном исполнении**

КРУЭ типа 8DN9 (напряжение до 245 кВ)
Конфигурация ячеек легкого и компактного КРУЭ 8DN9 очевидна с первого взгляда. Приборы управления и мониторинга легко доступны несмотря на компактное исполнение КРУЭ.

Горизонтально расположенный выключатель является основой ячейки любой конфигурации. Привод выключателя легко доступен из зоны управления. Модули остальных ячеек КРУЭ однополюсного исполнения, например, модуль разъединителя, располагаются наверху выключателя. Трехполюсный пассивный модуль сборных шин отделен от активного оборудования (рис.3.1-36, 3.1-37).

Благодаря принципу «один модуль – одна функция» и модульной структуре, возможно реализовать даже нетрадиционное расположение КРУЭ с помощью всего 20 различных модулей. Модули соединяются друг с другом с помощью стандартных соединений, что позволяет реализовать широкий круг ячеек. Исполнение КРУЭ на стандартных модулях и объем работ гарантируют, что все типы ячеек могут быть установлены на небольшой площади. Компактное исполнение позволяет доставлять готовые ячейки, которые собраны и испытаны на заводе, обеспечивая быстрые и эффективные установку и ввод в эксплуатацию.

Рис. 3.1-38: **КРУЭ типа 8DN9 с номинальным напряжением 245 кВ**



1 Шкаф управления
2 Пружинный привод с модулем управления выключателем
3 Сборная шина I
4 Шинный разъединитель I
5 Шинный разъединитель II
6 Рабочий заземлитель
7 Сборная шина II
8 Дугогасительная камера силового выключателя
9 Трансформатор тока
10 Рабочий заземлитель
11 Отходящий фидер
12 Быстродействующий заземлитель
13 Трансформатор напряжения
14 Кабельная концевая муфта

Рис. 3.1-39: **КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением 500 кВ**

КРУЭ типа 8DQ1 (напряжение до 550 кВ)
КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением до 550 кВ имеет однополюсное исполнение. Каждый модуль расположен в собственном корпусе.

Основой ячейки КРУЭ является горизонтально расположенный выключатель, на верхней части корпуса которого установлены разъединители, заземлители, трансформаторы тока и прочие модули. Модули сборных шин отделены от активного оборудования (рис. 3.1-38, 3.1-39).

Некоторые другие характеристики КРУЭ:
- Выключатель с одной дугогасительной камерой для номинальных напряжений до 420 кВ и с двумя дугогасительными камерами для номинального напряжения 550 кВ (рис.3.1-38)
- Номинальные токи отключения до 63 кА (при двух циклах) для 50/60 Гц и до 80 кА для напряжений до 420 кВ
- Горизонтальное расположение выключателя обеспечивает низкий центр тяжести КРУЭ
- Применение транспортировочной рамы силового выключателя в качестве опорной конструкции КРУЭ
- Уменьшенная площадь уплотнительных поверхностей и, таким образом, снижение риска утечки благодаря использованию нескольких модулей в одном корпусе.

Рис. 3.1-40: **Ячейка КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением 420 кВ**

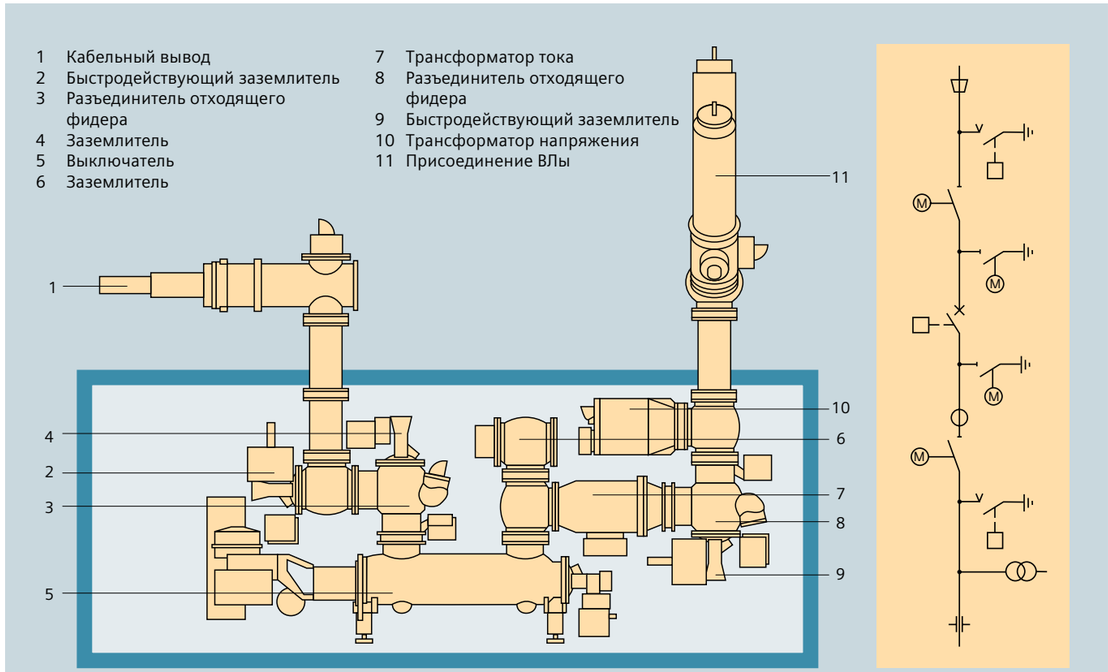


Рис. 3.1-41: **КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением 420 кВ**

Специальные компоновки
Элегазовые распредустройства, размещенные обычно в зданиях, целесообразны в тех местах, где очень высокая стоимость земли или того требуют условия окружающей среды. С случаях с малыми ПС или в случаях расширения, где установка в здании не обеспечивает никаких преимуществ, хорошим решением является установка подстанции в контейнер.

Мобильные контейнерные распредустройства
На уровне среднего напряжения, контейнерные распредустройства являются наилучшим решением. И даже ПС высокого напряжения могут быть выполнены таким же образом и быть экономически оправданными во многих случаях. Ядро системы - КРУЭ, установленное либо в контейнере из листовой стали, либо в блочном здании из готовых бетонных блоков. В отличии от обычного стационарного РУ здесь нет необходимости в сложных конструкциях, т.к. мобильные ПС приходят уже со своим «зданием» (рис. 3.1-40, рис. 3.1-41).

Мобильные контейнерные ПС могут состоять из одной ячейки или нескольких с большим числом различных схем и компоновок. Допустимо применять все обычные компоненты для подключения, включая наружные проходные изоляторы, переходные кабельные муфты и элегазовые токопроводы. При необходимости все управляющее и защитное оборудование, в т.ч. и для местной сети может быть смонтировано в контейнере. Это дает широкие возможности по установке на месте. Контейнерные РУ уже заранее собраны на заводе и готовы к работе. Из работ на месте требуется только установка контейнера, монтаж наружных частей системы и подключение внешних соединений. Перенос работ по сборке РУ на завод повышает качество и эксплуатаци-

Рис. 3.1-42: **Контейнерная ячейка КРУ 8DN9**

онную надежность. Мобильные контейнерные РУ занимают мало места и обычно хорошо вписываются в окружающую обстановку. Для операторов значительным преимуществом является высокая доступность и малое время ввода в эксплуатацию. Значительное снижение расходов достигается в проектировании, работах по возведению и сборке.

Получение разрешения департамента архитектуры либо не требуется вообще, либо требуется в упрощенной форме. Установка также может работать в различных местах по очереди. Адаптация к конкретной обстановке не представляет проблем. Следующие возможные применения для контейнерных станций:

- Временное решение во время модернизации ПС.
- Дешевое промежуточное решение в тех местах, где возведение трансформаторной подстанции включает в себя утомительные формальности, такие как получение земли или прокладка кабелей.
- Быстровозводимая аварийная станция в случае сбоя в работе существующего РУ.
- ПС для передвижных геотермальных электростанций.

КРУЭ напряжения до 245 кВ в стандартном контейнере
Размеры КРУЭ 8DN9 позволяют разместить все активные компоненты распредустройства (выключатель, разъединитель, заземлитель) и шкаф управления в стандартный контейнер. Занимаемая площадь равна 6.1 м x 2.44 м и соответствует стандарту ISO 668. Хотя контейнер превышает стандартный размер 2.44 м, это не вызовет никаких проблем при транспортировке, что было подтверждено несколькими доставками оборудования. Немецкий Ллойд (утверждающий орган) уже выдал сертификат для конструкции контейнера еще большего размера. Стандартные размеры и угловые фитинги по ИСО облегчают процесс транспортировки в 6.1-ти метровой раме контейнерного судна и на низкорамном тягаче. Две двери обеспечивают персоналу доступ в контейнер.

КРУЭ в аренду
Siemens также предлагает контейнерные элегазовые высоковольтные подстанции в аренду в случаях срочной необходимости, очень быстро и экономически выгодно. Сервис Siemens по быстрым системам энергоснабжения предлагает экономичное решения для временных периодов от нескольких недель до 3 лет.

Технические характеристики КРУЭ
Примечание: приведенные ниже характеристики не являются исчерпывающими, однако, представляют собой важную информацию. Они применимы для КРУЭ, предназначенных для работы с воздушными и кабельными линиями и трансформаторами. Основные технические характеристики КРУЭ указаны в спецификации и на принципиальной схеме, приложенной к опросному листу.

Принципиальная схема и эскиз расположения КРУЭ на ПС является частью предложения. Любое заказанное КРУЭ будет комплектным, функциональным, безопасным и надежным устройством, даже если некоторые части, необходимые для этого, не были специально указаны в опросном листе.

- Применяемые стандарты:
  Оборудование разработано, изготовлено, испытано и установлено в соответствии с последними редакциями применимых стандартов IEC, таких как:
  – IEC 62271-1 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Общие требования»
  – IEC 62271-203 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Коммутационные аппараты с газовой изоляцией в металлическом корпусе с номинальным напряжением выше 52 кВ»
  – IEC 62271-100 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Выключатели переменного тока»
  – IEC 62271-102 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Разъединители и заземлители переменного тока»
  – IEC 60044 «Измерительные трансформаторы. Трансформаторы тока»
  – Национальные стандарты по запросу

Местные условия
Оборудования испытано для внутренней и наружной установки. Заказчик должен обеспечить ровный бетонный пол с отверстиями для прохода кабелей, если это необходимо. КРУЭ поставляется с регулируемыми опорами (ногами). Если требуются стальные опорные конструкции, они будут поставлены компанией Сименс. В соответствии с исполнением, температура в зале КРУЭ должна находиться в пределах от -5 °C до +40 °C, температура вне здания (при открытой установке) от -30 °C до +40 °C (+50 °C). Для модулей, устанавливаемых вне здания (модули присоединения ВЛ), должны быть соблюдены условия по IEC 62271-203. Для корпусов применяется алюминий или сплавы алюминия.

Минимум работ по установке на площадке обеспечивает максимальную надежность. В одной транспортной единице могут быть поставлены до шести ячеек с одной сборной шиной или до трех с двумя сборными шинами. Ячейки полностью собраны, протестированы и комплектны. Размер сборочного узла ограничивается только требованиями к транспортным габаритам. Поставляемые КРУЭ имеют корпус такой толщины и из такого материала, чтобы он мог выдержать воздействие дуги при внутреннем КЗ при отказе первой ступени защиты, и не прогореть насквозь. Толщина корпуса зависит от типа КРУЭ и номинального тока КЗ.

Все модули изготовлены таким образом, чтобы компенсировать температурные расширения и сжатия, возникающие при изменении температуры. Для этого в КРУЭ установлены металлические компенсаторы. Для контроля давления газа в корпусах КРУЭ имеются денсиметры с электрическими контактами. Каждый денсиметр имеет как минимум два уровня давления срабатывания сигнализации. Давление газа в выключателе может быть определено с помощью денсиметров, установленных в шкафу управления выключателя.

Компания Сименс гарантирует, что снижение давления в каждом отдельном газовом объеме, не превышает 0.1% в год для одного газового объема. Каждый газовый объем оснащен фильтрами, которые впитывают водяной пар, проникающий внутрь КРУЭ в течение как минимум 25 лет. Промежутки времени между проверками достаточно длинные, что сводит затраты на обслуживание к минимуму. Первая проверка проводится через 10 лет. Первая серьезная проверка проводится как правило через 25 лет эксплуатации, если до этого не было совершено предписанное число коммутаций.

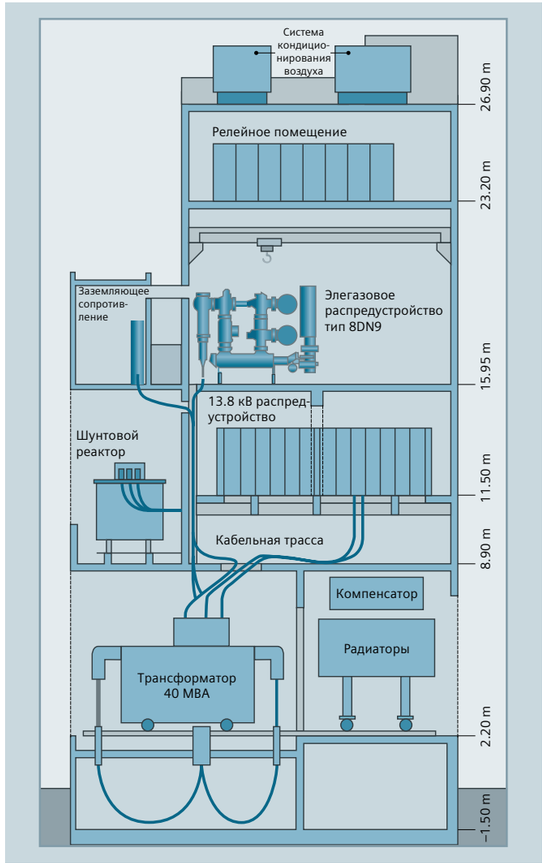


Рис. 3.1-43: **Специальная компоновка для ограниченного пространства. Вид в разрезе постройки, показывающая компактность элегазовых подстанций**

Расположение и модули

Расположение
Расположение
КРУЭ может иметь одно- или трехполюсный корпус. КРУЭ состоит из полностью отделенных друг от друга объемов и спроектировано таким образом, чтобы свести к минимуму риск для оперативного персонала или соседних частей КРУЭ даже в случае неполадок. Разрывные мембраны предохраняют газовые объемы от взрыва. Газоотводные патрубки обеспечивают безопасность персонала. Для обеспечения максимальной надежности, внутренние устройства сброса давления не установлены, так как они могли бы повлиять на соседние газовые объемы. Модульный принцип, полное разделение газовых объемов, вводы, защищенные от воздействия дуги и втычные соединения позволяют убрать и заменить любой модуль при минимальном воздействии на соседние модули. При этом даже не надо откачивать из них элегаз.

Модуль сборных шин
Модули сборных шин соседних ячеек соединены между собой через компенсаторы, воспринимают допуски и температурные изменения длины в продольном и поперечном направлениях. Скользящий контакт между токопроводами компенсирует температурные изменения длины токопровода.

Выключатели
(см. раздел 4.1.1 Выключатели 72,5-800 кВ
Выключатели используют принцип динамической автокомпрессии. Количество дугогасительных камер на полюс зависит от назначения выключателя. Дугогасительные камеры и контакты выключателей легко доступны. Выключатели могут функционировать в режиме рассогласования фаз и спроектированы так, чтобы создавать минимальные перенапряжения. Отключающая способность выключателей позволяет им отключать токи начиная с зарядных токов ВЛ и заканчивая токами КЗ.

Конструкция выключателей позволяет им выполнять как минимум 10 коммутаций (в зависимости от уровня напряжения) при токе КЗ. Открытие газовго объема выключателя для обслуживания или ремонта не требуется. Разница во времени при срабатывании выключателя составляет 3 мс, это разница во времени между включением или отключением первого и последнего полюса. Стандартная АКБ, которая применяется для питания цепей управления, может так же быть использована для питания двигателя взведения пружины. Привод и взведенная пружина привода обеспечивают привод энергией, достаточной для выполнения всех коммутационных операций по IEC. Система управления предает предупреждающие сигналы и обеспечивает блокировки, а так же запрещает оперирование выключателем при не до конца взведенной пружине или при низком давлении элегаза в выключателе.

Разъединители
Все разъединители имеют один разрыв. Разъединители имеют привод постоянного тока с напряжением 110, 125, 220 или 250 В, обеспечивающий удаленное управление, а так же механизм для ручного оперирования. Каждый привод имеет собственный корпус и оснащен вспомогательными выключателями в дополнение к механическим указателям коммутационного положения. Подшипники не требуют смазывания на всем сроке службы (рис. 3.1-43)

Заземлители
Рабочие заземлители обычно применяются с обеих сторон выключателя. Дополнительные заземлители могут быть использованы для заземления шин или иных узлов. Заземлители имеют привод постоянного тока с напряжением 110, 125, 220 или 250 В, обеспечивающий удаленное управление, а так же механизм для ручного оперирования. Каждый привод имеет собственный корпус и оснащен вспомогательными выключателями в дополнение к механическим указателям коммутационного положения. Подшипники не требуют смазывания на всем сроке службы. Быстродействующие заземлители с включающей способностью применяются для присоединений кабельных или воздушных линий. Они оснащены быстродействующим механизмом для включения, обеспечивающим возможность включения токов КЗ (рис. 3.1.-44).

Измерительные трансформаторы
Трансформаторы тока (ТТ) имеют сухую изоляцию. Эпоксидная смола для изоляции не применяется. Классы точности и нагрузки ТТ показаны на принципиальной электрической схеме. Трансформаторы напряжения (ТН) индуктивного типа и могут иметь нагрузку до 200 ВА.

Модули кабельного присоединения
Для КРУЭ в одно- или трехполюсном исполнении поставляются модули кабельного присоединения. Производитель кабеля должен поставить концевую кабельную муфту и соответствующее уплотнение, чтобы избежать попадания газа или масла внутрь КРУЭ. Компания Сименс поставляет соответствующий кабельный разъем. Модуль кабельного присоединения может быть использован для масло- и газонаполненных кабелей, а так же кабелей с СПЭ-изоляцией. Дополнительно поставляется оборудование для надежного изолирования кабельного модуля и для высоковольтных испытаний кабельного присоединения (рис. 3.1-45).

Модуль присоединения ВЛ
Модуль для присоединения ВЛ поставляется с вводом элегаз-воздух, но без аппаратных зажимов (рис. 3.1-46).

Модуль присоединения трансформатора/реактора
Модуль предназначен для прямого присоединения маслонаполненного трансформатора или реактора к КРУЭ. Стандартные модули позволяют присоединить трансформаторы различных типов (рис. 3.1-47).

Система управления и мониторинга
Стандартно для каждой ячейки поставляется электромеханическая система управления. Эта система управления предотвращает недопустимые операции. Мнемонические схемы и указатели коммутационного положения обеспечивают оперативный персонал всей необходимой информацией. Устройства для удаленного управления так же включены в объем поставки. Давление газа в газовых объемах постоянно контролируется датчиками плотности, которые передают предупреждения и сигналы блокировок через свои контакты.

Необходимые испытания

Проверка уровня частичных разрядов
Все изоляторы из литой смолы, установленные в КРУЭ подвергаются испытанию на уровень частичных разрядов перед установкой в КРУЭ. При напряжении 1,2 линейного напряжения частичных разрядов не обнаружено. Это испытание гарантирует максимальную безопасность в смысле отказа изоляции, возможность долгосрочной эксплуатации изоляторов и высокую степень надежности.

Испытания давлением
Каждый корпус модуля КРУЭ проходит испытание давлением, вдвое превосходящим рабочее давление.

Проверка на утечки
Испытание на утечки проводится для сборочных узлов, чтобы проверить что фланцевые поверхности и крышки изготовлены качественно, что гарантирует низкий уровень утечек.

Испытание напряжением промышленной частоты
Каждый узел КРУЭ подвергается испытанию напряжением промышленной частоты, при котором в том числе определяется уровень частичных разрядов, чтобы проверить правильность установки токопроводов и убедиться, что поверхности изоляторов чистые. Кроме того, это испытание показывает, что в КРУЭ не произойдет внутренне КЗ.

Дополнительные технические данные
Компания Сименс предоставит любые размеры, веса или иную информацию о КРУЭ, которая может оказать влияние на местные условия или эксплуатацию КРУЭ. При заказе поставляются чертежи КРУЭ.

Рис. 3.1-44. **КРУЭ в специальном здании**

Руководства по эксплуатации
В объем поставки КРУЭ входят подробные руководства по установке, эксплуатации и обслуживанию КРУЭ.

Объем поставки
Компания Сименс для любого типа КРУЭ поставляет следующее:
- Ячейки КРУЭ, включающие выключатель, разъединители и заземлители, измерительные трансформаторы и модули сборных шин. Для различных типов ячеек поставляются:
  - Модули кабельного присоединения в соответствии с IEC 60859. В объем поставки КРУЭ входят корпус, соединительная деталь и соединительная пластина; в объем поставки кабеля должны входить кабельная муфта и уплотнение (рис. 3.1-45).
  - Модуль присоединения ВЛ поставляется с вводом элегаз-воздух, но без аппаратного зажима (рис. 3.1-46).
  - Модуль присоединения трансформатора: компания Сименс поставляет соединительный фланец для присоединения к КРУЭ и токопровод для присоединения к трансформатору. Ввод элегаз-масло должен быть установлен на трансформаторе, если специально не оговорено иное (рис. 3.1-47). Указание: для этого пункта всегда необходимо тесное взаимодействие между изготовителем КРУЭ и трансформатора.
- Каждая ячейка имеет площадки для присоединения заземляющего проводника. Заземляющее устройство и присоединения КРУЭ к заземляющему устройству не входят в объем поставки КРУЭ.
- Газ для заполнения КРУЭ входит в объем поставки. Так же компания Сименс поставляет все необходимые приборы для контроля давления газа.
- В объем поставки входят устройства защиты вторичных цепей.
- Шкафу местного управления поставляются для каждой ячейки и объединяются в систему управления КРУЭ. Так же поставляются устройства для удаленного управления.
- Компания Сименс поставляет так же опорные металлоконструкции. Закладные детали и работы по сооружению фундамента не входят в объем поставки КРУЭ.

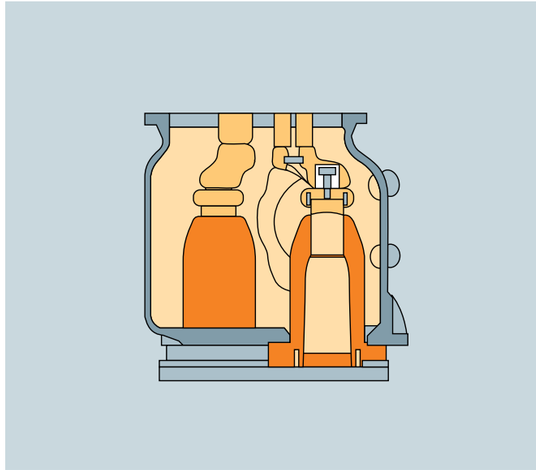


Рис. 3.1-45: **Модуль кабельного присоединения.**

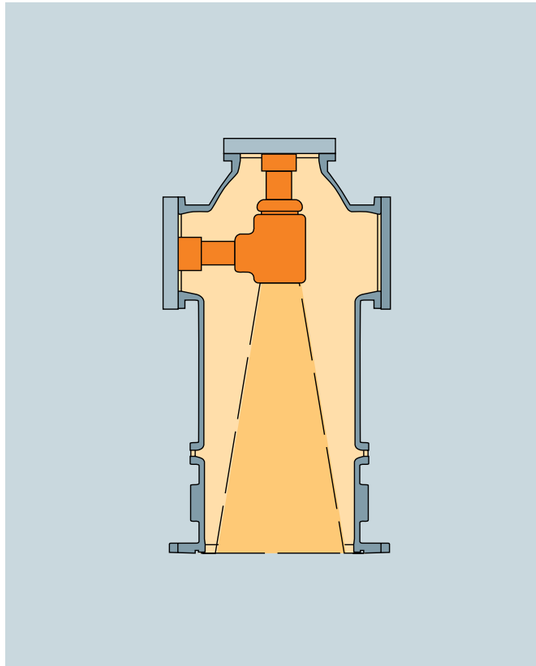


Рис. 3.1-46: **Модуль кабельного присоединения: Доступен модуль подключения кабеля, соответствующий МЭК, для соединения распредустройства с высоковольтными кабелями. Стандартизованная конструкция этих модулей позволяет соединение кабелей с различным сечением и типом изоляции. Параллельное кабельное подключение для больших номинальных токов также доступно с таким же модулем.**

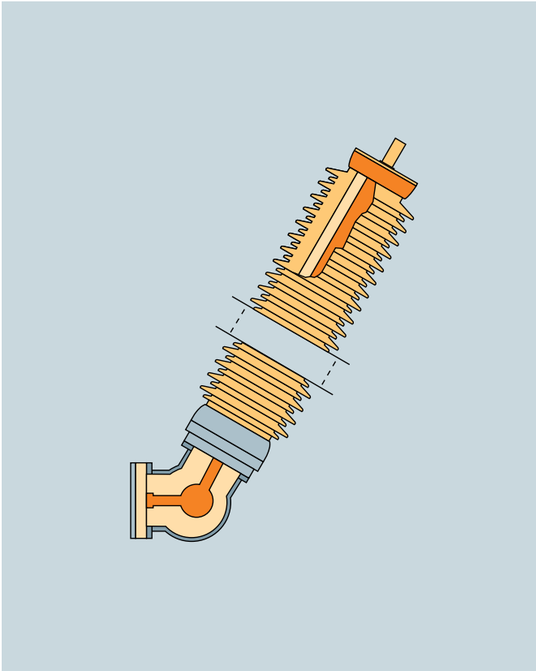


Рис. 3.1-47: **Модуль присоединения ВЛ: эти модули применяются для присоединения ВЛ к КРУЭ. Модуль может быть изготовлен по специальным требованиям к изоляционным расстояниям и длине пути утечки. Они присоединяются к КРУЭ через угловые модули различных исполнений.**

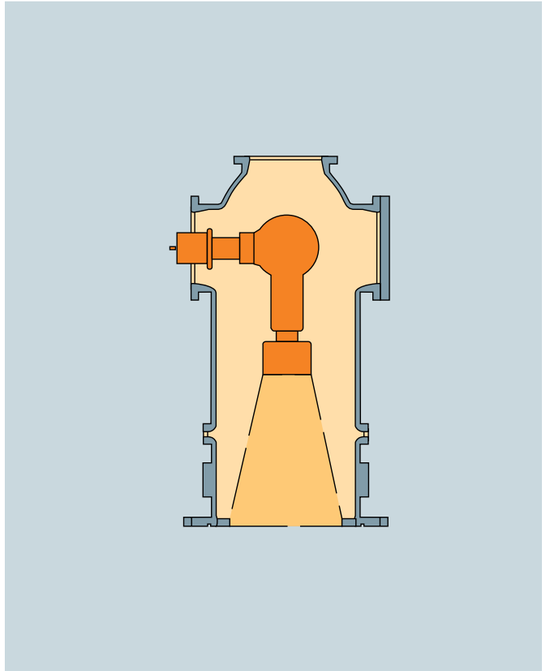


Рис. 3.1-48: **Модуль присоединения трансформатора/реактора. Эти модули обеспечивают подключение к КРУЭ силовых трансформаторов или реакторов. Стандартизованные модули обеспечивают экономичное решение для различных размеров трансформаторов.**

Рис. 3.1-49: **Присоединение трансформатора к КРУЭ**

Рис. 3.1-50: **КРУЭ 8DQ1 550 кВ, полуторная схема**

Линейные изоляторы

3FL silicone long rod insulators - performance meets durability

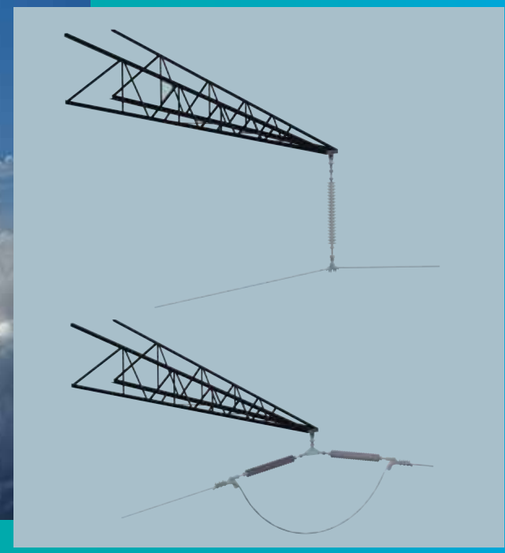


Рис. 71. Линейные изоляторы 3FL на ВЛ

Силиконовые длинностержневые линейные изоляторы 3FL – превосходные рабочие характеристики и высочайшая надежность

Веские причины использовать 3FL

Новые силиконовые линейные изоляторы от Siemens типа 3FL сочетают высочайшие изоляционные характеристики, высокую механическую прочность с компактностью и небольшой массой конструкции. Благодаря своей легковесной конструкции и небольшой массе линейные изоляторы 3FL особенно подходят для применения в компактных воздушных линиях электропередачи, которые устанавливаются на опорах небольшой высоты и имеют небольшую протяженность. Кроме того транспортировка и монтаж таких изоляторов требует незначительных материальных затрат.

Конструкция

Корпус изолятора 3FL представляет собой цельный корпус из силиконового каучука высокотемпературной вулканизации (HTV), выполненный отливкой «в один впрыск». В силикон HTV непосредственно вваривается пластиковый стержень с металлическими концевыми фитингами. Такая технология позволяет обеспечить надежность в наиболее ответственных узлах силиконового изолятора – зоны соединения (металлические концевые фитинги/стеклопластиковый стержень/силиконовый корпус), в которой обычно концентрируется наиболее мощное электрическое поле. Конструкция изолятора 3FL позволяет отказаться от потребности в традиционных системах уплотнения, при этом исключается любое проникновение влаги.

Сердечник

Сердечник представляет собой, устойчивый к коррозии и электричеству, армированный стекловолокном ECR (ECR - стекло, устойчивое к электричеству и воздействиям окружающей среды), пластиковый стержень (стержень FRP). Благодаря предельно высокой устойчивости стержня FRP к воздействию щелочей и кислот устранена угроза так называемого хрупкого излома в изоляторах 3FL .

Рис. 70. Силиконовый каучук высокотемпературной вулканизации для улучшенных рабочих показателей в загрязненной атмосфере

Рис. 72. 3FL – превосходная конструкция, удовлетворяющая высочайшим требованиям

Концевые фитинги

Концевые фитинги, выполненные из горячеоцинкованной кованой стали или кованого чугуна, закрепляются напрямую на стержне сердечника FRP посредством опрессовки.

Процесс опрессовки находится под пристальным наблюдением специальной системы контроля. Возможна комплектация изоляторов концевыми фитингами, соответствующими стандартам IEC и ANSI, вплоть до 120 кН SML. Изолятор 3FL пригодны как для строительства новых ВЛ, так и реконструкции старых.

Специальная конструкция концевого фитинга и применение интегрированного кольца для выравнивания потенциала в зоне соединения сводит к минимуму силу электрического поля и, соответственно, частичный разряд внутри зоны соединения. Подобная конструкция предотвращает коррозию, и как следствие устраняет угрозу выхода изолятора из строя.

3FL – Корпус из силиконового каучука, прошедшего высокотемпературную вулканизацию, для наилучших рабочих характеристик в загрязненной среде.

Отличные гидрофобные характеристики силиконового каучука высокотемпературной вулканизации обеспечивают максимальную надежность изолятора 3FL, даже в экстремальных условиях эксплуатации. На корпусе изолятора невозможно образование электропроводящей пленки, даже в самых суровых условиях окружающей среды, например, в соленом тумане в прибрежных регионах или в пыльном воздухе промышленных районов. Поверхностные токи и разряды исключены. Ни вода, ни пыль на поверхности корпуса не могут вызвать перекрытие на изоляторе.

Качество от Siemens

В соответствии с давно установившейся традицией Siemens, каждый этап производства для 3FL – начиная с входного контроля поступающего для производства сырья и заканчивается испытаниями готовой продукции.

Стандарты и испытания

Все длинностержневые изоляторы 3FL разработаны и протестированы в соответствии со стандартами IEC 61109, IEC 62217, IEC 60815 и IEC 61466-2. Каждый

Рис. 73. Изолятор с роговым разрядником

Рис. 74. Изолятор с защитой от «короны»

изолятор 3FL от Siemens, выходящий с завода, проходит стандартные механические испытания на разрыв нагрузкой как минимум 50% от установленной расчетной механической нагрузки (SML) в течение как минимум 10 секунд.

Вспомогательное оборудование

На изоляторах возможна установка роговых разрядников для защиты перенапряжений и колец для защиты от «короны». По желанию клиентов возможна комплектация изоляторов и другим оборудованием.

Стандарты продукции	
IEC 61109	Изоляторы для воздушных линий электропередач – композитные подвесные и натяжные изоляторы для систем переменного тока с номинальным напряжением свыше 1000 В – определения, методики испытаний и критерии приемки
IEC 62217	Полимерные изоляторы для использования в помещении и под открытым небом с номинальным напряжением свыше 1000 В – общие определения, методики испытаний и критерии приемки
IEC 60815	Выбор и определение размеров высоковольтных изоляторов, предназначенных для использования в условиях загрязнения
IEC 61466-1	Композитные гирляндные изоляторы для воздушных линий электропередач с номинальным напряжением свыше 1000 В – Часть 1: Стандартные классы прочности и концевые фитинги
IEC 61466-2	Композитные гирляндные изоляторы для воздушных линий электропередач с номинальным напряжением свыше 1000 В – Часть 2: Габаритные и электрические характеристики
IEC 60120	Размеры шарнирных соединений гирляндных изоляторов
IEC 60471	Размеры серьговых соединений гирляндных изоляторов

Таблица 17. Стандарты продукции

Максимальные значения	ед. изм.	3FL2	3FL4
Наибольшее рабочее напряжение для оборудования U_m	кВ	72.5	170
Номинальное напряжение системы U_n	кВ	69	154
Механическая нагрузка на разрыв (SML)	кН	70	120
Удельная длина пути утечки тока	мм/кВ	31	31

Таблица 18. Максимальные значения

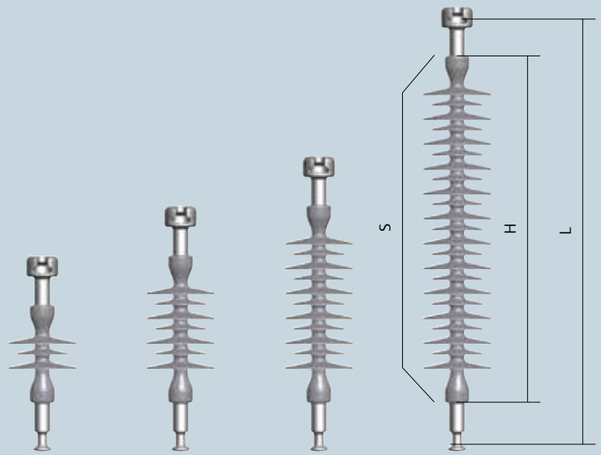


Рис. 76. Изоляторы 3FL2

Рис. 75. Концевые фитинги 3FL2

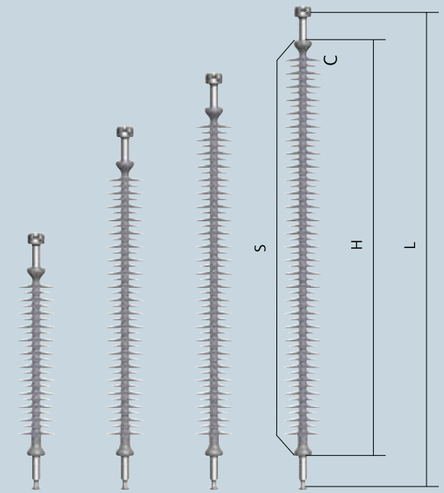


Рис. 77. Изоляторы 3FL4

Рис. 78. Концевые фитинги 3FL4

Длинностержневые линейные изоляторы 3FL2 для распределительных воздушных линий электропередач

Изоляторы 3FL2 разработаны для применения в системах распределения электроэнергии до 72 кВ. Они выдерживают высокие грозовые и коммутационные перенапряжения, и имеют удельную длину пути утечки тока по поверхности изолятора до 31 мм/кВ. Изоляторы 3FL2 обладают высокой механической прочностью на разрыв (до 70 кН).

Технические характеристики изоляторов 3FL2

Наибольшее рабочее напряжение для оборудования	Типовые номинальные напряжения системы	Проектное* максимальное импульсное напряжение грозового разряда	Проектное* максимальное напряжение промышленной частоты (50 Гц, 1 мин, влажный)	Пробивной промежуток	Длина пути утечки тока	Длина корпуса	Длина секции** (с шарнирным соединением)	Номер по каталогу	Удельная механическая нагрузка	Стандартная тестовая нагрузка	Диаметр коронирующего кольца	Вес (с шарнирным соединением)
U_m, кВ	U_n, кВ	$LIWL_{min}$, кВ	$PFWL_{min}$, кВ	S, мм	C, мм	H, мм	L, мм		SML, кН	RTL, кН	D, мм	W, кг
12.0	10, 11, 12	95	28	214	420	178	332	3FL2 009-4xx00-1xx1	70	35	-	1.6
24.0	15, 20, 22, 24	145	50	304	799	268	422	3FL2 014-4xx00-1xx1	70	35	-	2.0
36.0	30, 33, 35, 36	170	70	394	1178	358	512	3FL2 017-4xx00-1xx1	70	35	-	2.4
72.5	60, 66, 69, 72	325	140	664	2315	628	782	3FL2 032-4xx00-1xx1	70	35	-	3.55

Таблица 19. Технические характеристики изоляторов 3FL2

* Проектное импульсное максимальное напряжение грозового импульса и максимальное напряжение промышленной частоты в соответствии с IEC 60071. Фактическое значение будет выше.

** Справочное значение длины секции изолятора для версии с концевыми фитингами с шарнирным соединением размера 16 в соответствии с IEC 60120. Чтобы получить длину секции изолятора, применяемого с другими концевыми фитингами, следует сложить длину корпуса и длины (см. таблицу «Концевые фитинги») концевых фитингов. Все электрические значения относятся к изолятору без роговых разрядников или коронирующих колец

Длинностержневые линейные изоляторы 3FL4 для воздушных линий электропередачи

Длинностержневые линейные изоляторы 3FL4 разработаны для применения в электрических сетях до 170 кВ. Они выдерживают высокие грозовые и коммутационные перенапряжения, и имеют удельную длину пути утечки тока по поверхности изолятора до 31 мм/кВ. Изоляторы 3FL4 обладают высокой механической прочностью на разрыв (до 120 кН).

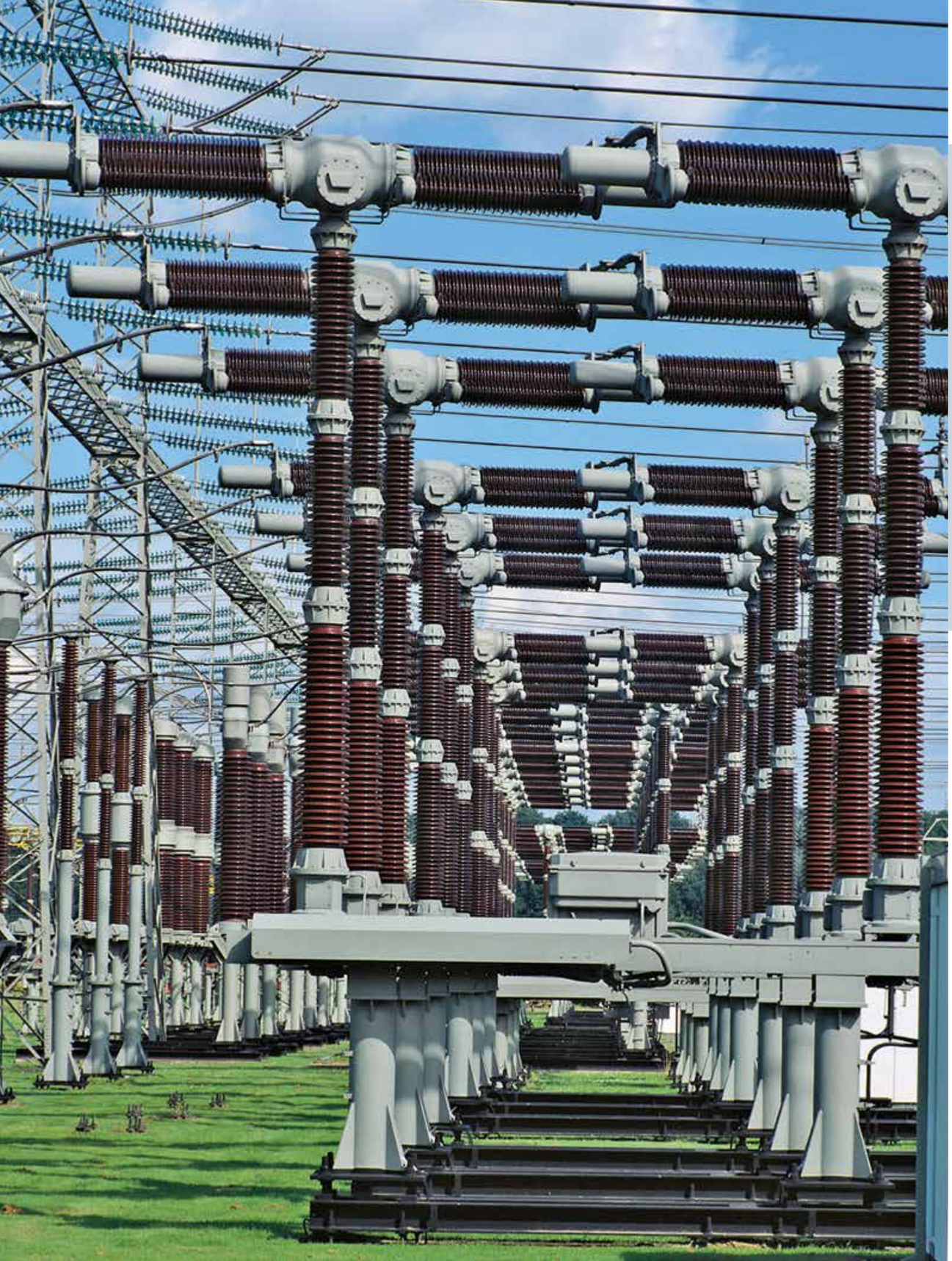
Технические характеристики изоляторов 3FL4

Наибольшее рабочее напряжение для оборудования	Типовые номинальные напряжения системы	Проектное* максимальное импульсное напряжение грозового разряда	Проектное максимальное напряжение промышленной частоты (50 Гц, 1 мин, влажный)	Пробивной промежуток	Длина пути утечки тока	Длина корпуса	Длина секции** (с шарнирным соединением)	Номер по каталогу	Удельная механическая нагрузка	Стандартная тестовая нагрузка	Диаметр коронирующего кольца	Вес (с шарнирным соединением)
U_m, кВ	U_n, кВ	$LIWL_{min}$, кВ	$PFWL_{min}$, кВ	S, мм	C, мм	H, мм	L, мм		SML, кН	RTL, кН	D, мм	W, кг
72.5	60, 66, 69, 75	325	140	674	2325	638	846	3FL4 032-4xx00-1xx1	120	60	-	3.8
123.0	110, 115, 120	550	230	1034	3841	998	1206	3FL4 055-4xx00-1xx1	120	60	-	5.3
145.0	132, 138	650	275	1214	4599	1178	1386	3FL4 065-4xx00-1xx1	120	60	260	6.1
170.0	150, 154	750	325	1439	5546	1403	1611	3FL4 075-4xx00-1xx1	120	60	260	7.1

Таблица 20. Технические характеристики изоляторов 3FL4

* Проектное импульсное максимальное напряжение грозового импульса и максимальное напряжение промышленной частоты в соответствии с IEC 60071. Фактическое значение будет выше.

** Справочное значение длины секции изолятора для версии с концевыми фитингами с шарнирным соединением размера 16 в соответствии с IEC 60120. Чтобы получить длину секции изолятора, применяемого с другими концевыми фитингами, следует сложить длину корпуса и длины (см. таблицу «Концевые фитинги») концевых фитингов. Все электрические значения относятся к изолятору без роговых разрядников или коронирующих колец



КОНТАКТЫ

За более подробной информацией,
просим обращаться в наш центр
поддержки клиентов в Москве:

Телефон: +7 (495) 737 10 10
Факс: +7 (495) 737 24 03

Дополнительная информация по оборудованию:
http://www.energy.siemens.com/ru/ru/power-transmission/high-voltage-products/

Сервисный центр находится по адресу:
394033 Воронеж, ул. Землячки, 1
Тел./Факс: +7 (473) 233 35 06

Телефон горячей линии:
+7 (916) 990 55 00