



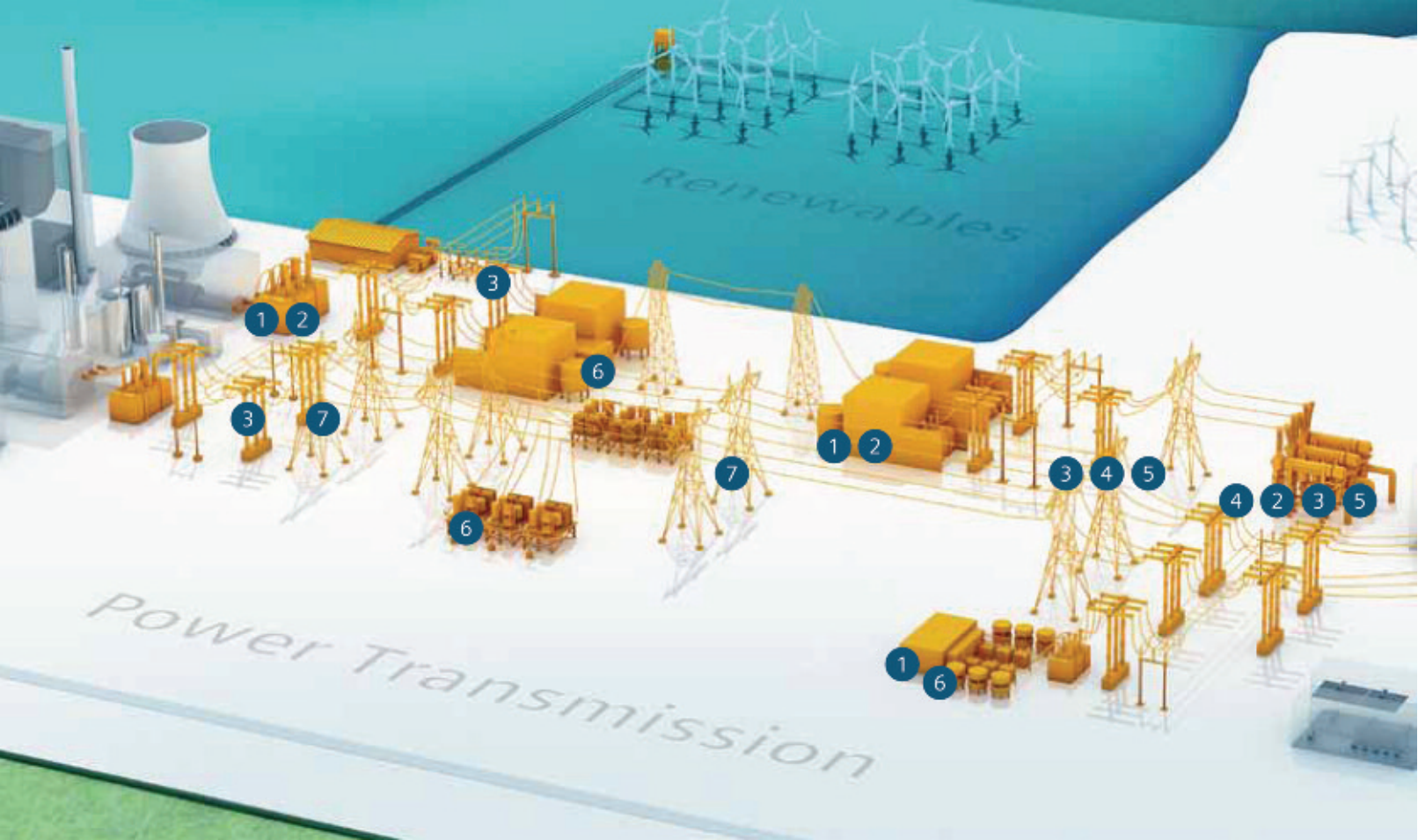
SIEMENS



Высоковольтное оборудование

[www.siemens.com/energy](http://www.siemens.com/energy)

- " ", [www.com-sol.ru](http://www.com-sol.ru)





1 Высоковольтные вводы



4 Разъединители



7 Линейные изоляторы



2 Ограничители перенапряжения



5 Измерительные трансформаторы



3 Высоковольтные выключатели



6 Реакторы

## Содержание

Введение	05	Высоковольтные реакторы	48 – 51
Выключатели и разъединители	06 – 29	Вводы	52 – 55
Ограничители перенапряжений (ОПН)	30 – 35	Линейные изоляторы	56 – 61
Измерительные трансформаторы	36 – 47	Контакты	63



# 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, надежно-

стью 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**



# Выключатели и разъединители

## 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, связанных 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 PHLA/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 и 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 ЗАР основан на использовании энергии сжатой пружины. Использование такого приводного механизма для напряжения до 800 кВ стало возможным в результате совершенствования автокомпрессионного дугогасящего устройства,

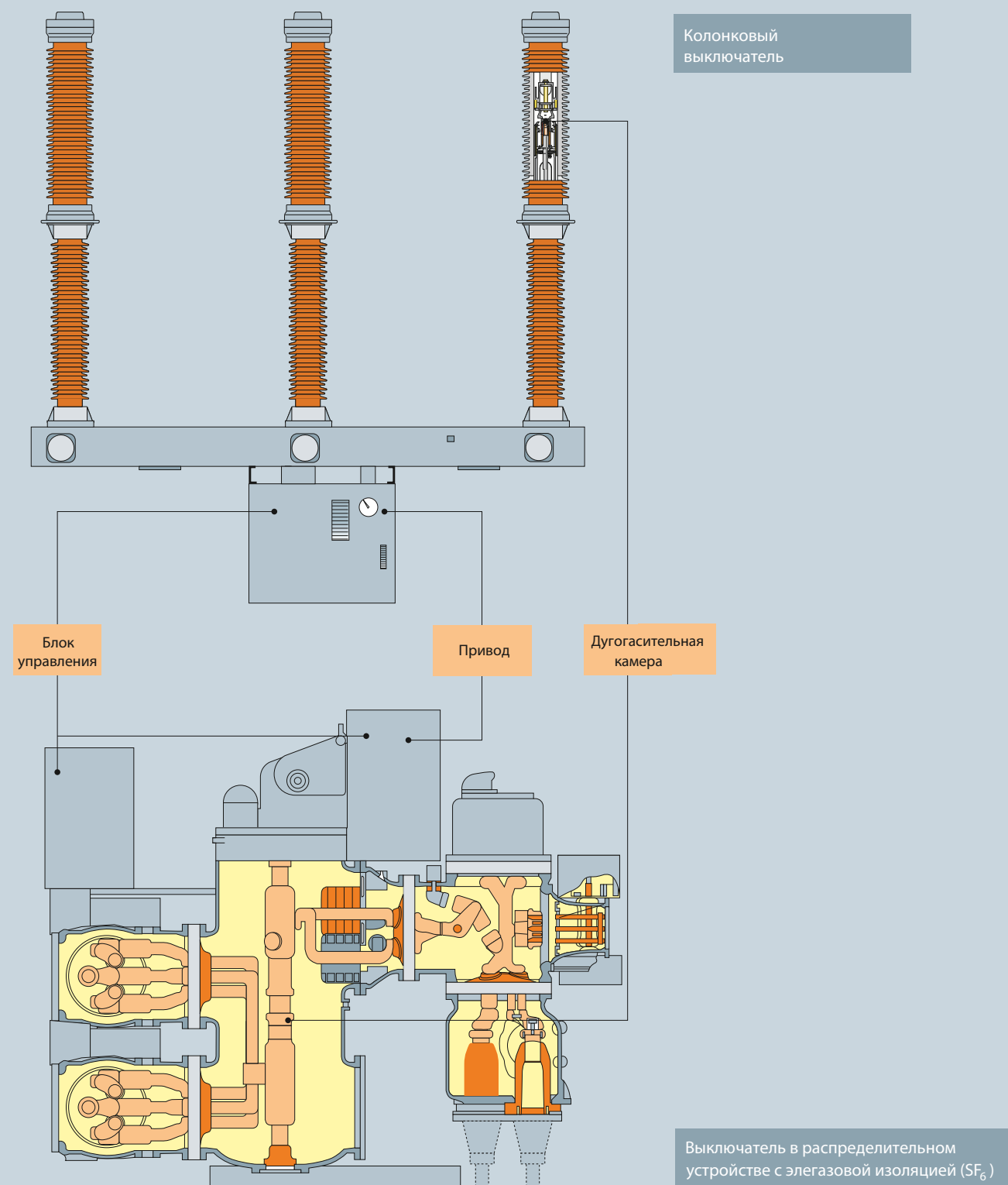


Рис. 1. Составные части выключателя: Колонковый выключатель; выключатель в распределительном устройстве с элегазовой изоляцией (SF<sub>6</sub>)

1 Колодка зажимов  
2 Кронштейн контакта

3 Сопло  
4 Главный контакт

5 Дугогасительный контакт  
6 Контактный цилиндр

7 Основание  
8 Колодка зажимов

Положение  
«Включено»

Отключение - момент  
размыкания главных  
контактов

Отключение - момент  
размыкания дугогася-  
щих контактов

Положение  
Открыто»

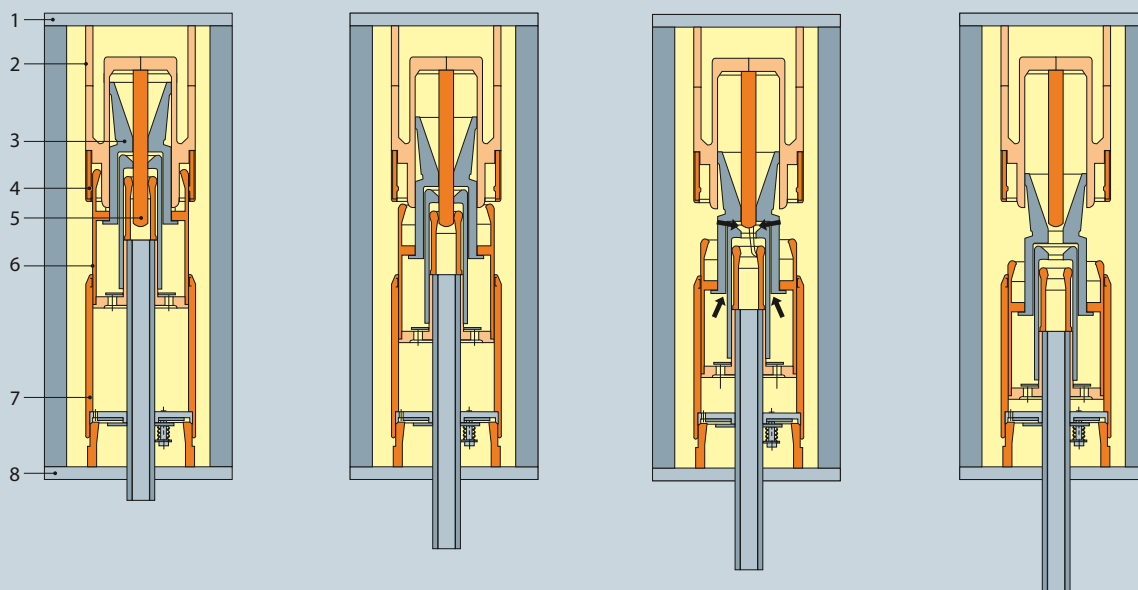


Рис. 2. Блок выключателя (принцип гашения дуги).

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, обеспечиваю-

щими 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 ЗАQ или ЗАТ с электрогидравлическим приводом.

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 дугогаситель-



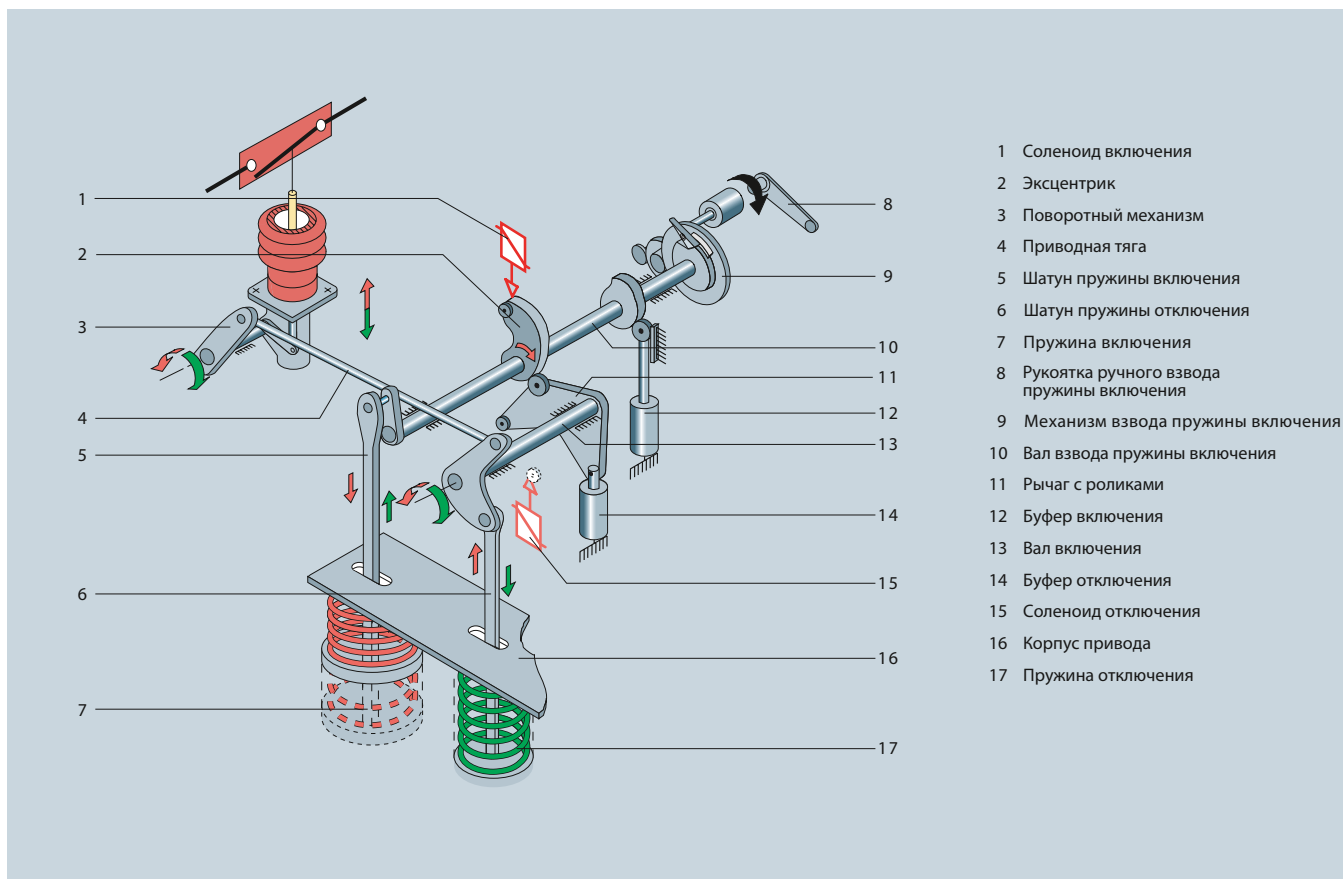


Рис. 3. Привод

ному контакту. При дальнейшем размыкании открывается дугогасительный контакт (5) и между контактами возникает дуга. Одновременно контактный цилиндр (6) движется в основание (7) и сжимает расположенный там газ SF<sub>6</sub>. 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<sub>6</sub> 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.

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.



Рис. 5. Полюс выключателя ЗАР4 на 800 кВ

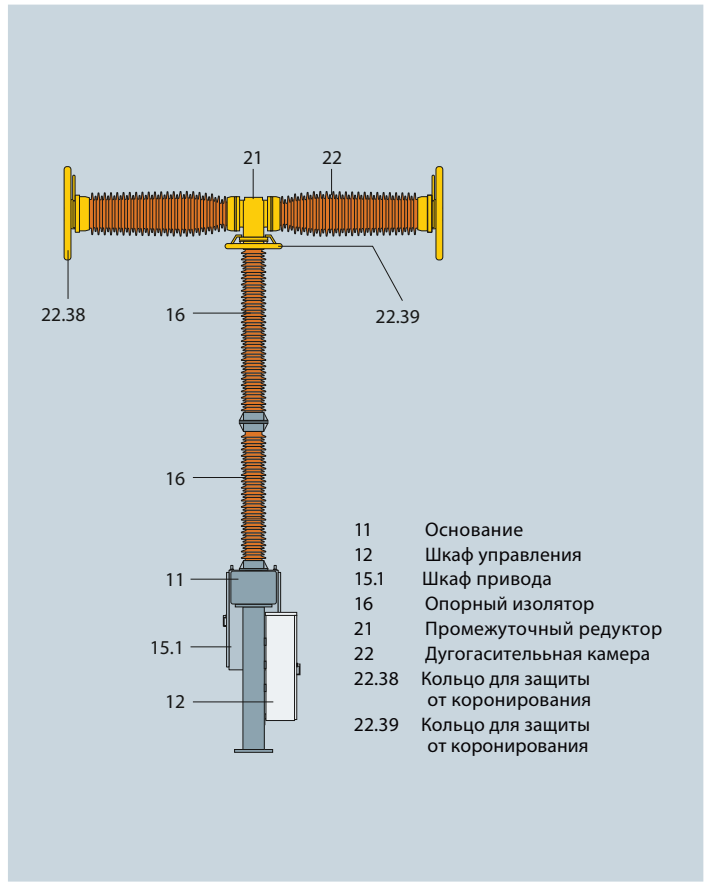


Рис. 6. Выключатель ЗАР2FI на 550 кВ



Рис. 4. Шкаф управления

**Основные особенности:**

- Простая надежная конструкция с минимальным количеством движущихся 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.

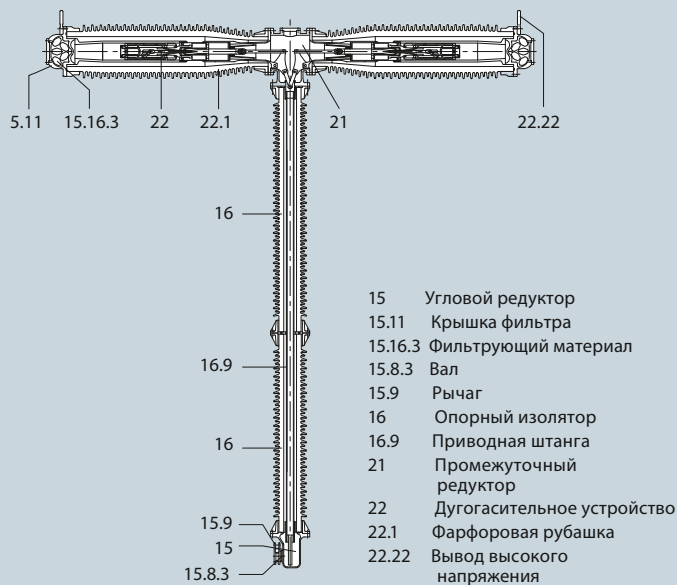


Рис. 7. Полюс выключателя ЗАР2FI

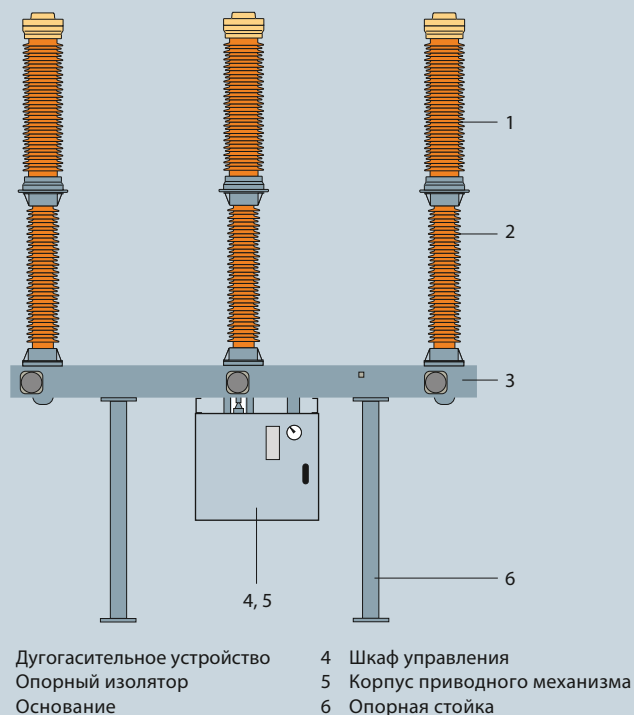


Рис. 8. Выключатель ЗАР1FG-145 кВ с трехполюсным управлением

## 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<sub>6</sub>;
- 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	ЗАР1					ЗАР2					ЗАР4
	Номинальное напряжение (кВ)	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Кол-во разрывов на полюс	1					2					4
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты (кВ)	140	230	275	325	460	460	520	610	800	830	
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса. (кВ)	325	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550	2,100	
Испытательное напряжение коммутационного импульса (кВ)	–	–	–	–	–	850	950	1,050	1,175	1,425	
Номинальный ток, макс. (А)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	5,000	5,000	5,000	
Ток термической стойкости (1с-3 с), макс. (кА)	40	40	40	40	50	40	50	50	63	63	
Наибольший пик тока динамической стойкости (кАпик.)	108	108	108	108	135	108	170	170	170	170	
Начальное действующее значение периодической составляющей тока динамической стойкости, макс. (кА ср. кв.)	40	40	40	40	50	40	63	63	63	63	
Наибольший пик тока включения (кАпик.)	108	108	108	108	135	108	170	170	170	170	
Диапазон температур (°C)	-30 или -55 ... +40 или +50										
Номинальная рабочая последовательность	0-0,3 с-СО-3 мин-СО или СО-15 с-СО										
Количество циклов	3 цикла					2 цикла					
Номинальная частота (Гц)	50/60									50	
Тип приводного механизма	Пружинный механизм с аккумуляцией энергии										
Напряжение управления (В DC)	48 ... 250										
Напряжение мотора (В DC) (В AC)	48/60/110/125/220/250 120 ... 240, 50 Гц; 120 ... 280, 60 Гц										
Пробивной промежуток фаза-земля разомкнутый выключатель (мм)	700	1,250	1,250	1,500	1,900	2,200	3,400	3,400	3,800	5,850	
	1,200	1,200	1,200	1,400	1,900	2,200	3,200	3,200	3,800	7,600	
Мин. путь тока утечки фаза-земля разомкнутый выключатель (мм)	2,248	3,625	3,625	4,250	6,125	7,626	10,375	10,375	14,450	20,000	
	3,625	3,625	3,625	4,250	6,125	8,575	10,500	10,500	15,126	30,352	
Размеры	высота (мм)	3,810	4,360	4,360	4,810	6,050	6,870	6,200	6,200	7,350	9,740
	ширина (мм)	3,180	3,880	3,880	4,180	6,640	8,235	8,847	9,847	13,050	19,400
	глубина (мм)	660	660	660	660	880	880	4,380	4,380	5,050	10,470
Междуфазное расстояние (мин.) (мм)	1,350	1,700	1,700	1,850	2,800	3,600	4,000	4,500	6,000	9,000	
Масса выключателя (кг)	1,350	1,500	1,500	1,680	2,940	3,340	5,370	5,370	7,160	16,200	
Эксплуатация до среднего ремонта	25 лет										
Values in accordance with IEC; other values available on request											

Таблица 1. Технические данные выключателей ЗАР1, ЗАР2 и ЗАР4



Рис. 9. Выключатель ZAP1FG-126



Рис. 10. Выключатель SPS2 72,5 кВ



Рис. 11. Выключатель ZAP1DT-145

## Баковые выключатели 72,5 кВ – 550 кВ

### Баковые выключатели

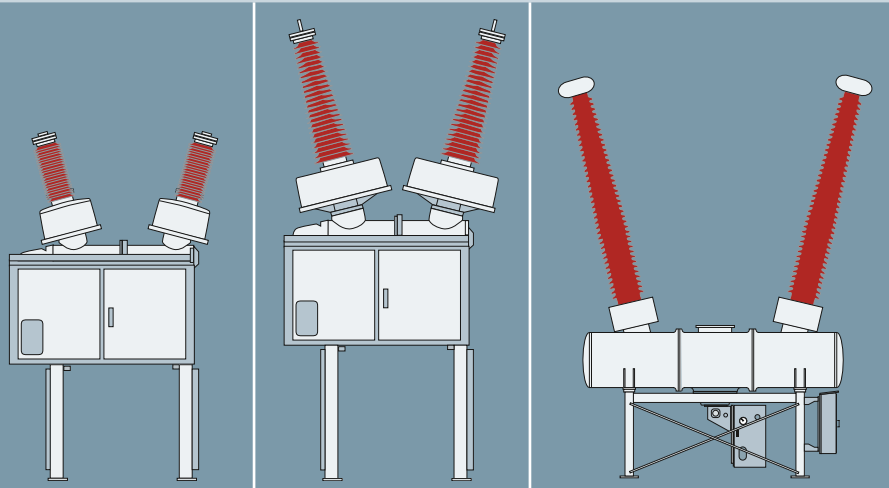
Кроме колонковых выключателей компания Siemens готова предложить клиентам баковые выключатели. Основной особенностью бакового выключателя является то, что дугогасительное устройство размещено в заземленном металлическом корпусе. Отличительной особенностью баковых выключателей является возможность установки 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 SF6;
- 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.

## Technical data



Тип	ЗАР1 DT / SPS2				ЗАР2/3 DT / SPS2
Номинальное напряжение (кВ)	72.5	123	145	245	550
Испытательное одноминутное напряжение промышленной частоты (кВ)	140 / 160	230 / 260	275 / 310	460	800 / 860
Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса (кВ)	325 / 350	550	650	1,050	1,865 / 1,800
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса (кВ)	–	–	–	–	1,350
Номинальный рабочий ток, макс. (А)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000 / 5,000
Номинальный ток отключения (кА)	40	40	63	63	63
Тип приводного механизма	Пружинный				

Таблица 2. Технические характеристики баковых выключателей

### Баковый выключатель

#### Тип SPS2 и ЗАР DT

Выключатели типа SPS2 (таблица 2) используются в США в соответствии с требованиями ANSI (Национальный институт стандартизации США); выключатели ЗАР 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) состоит 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.

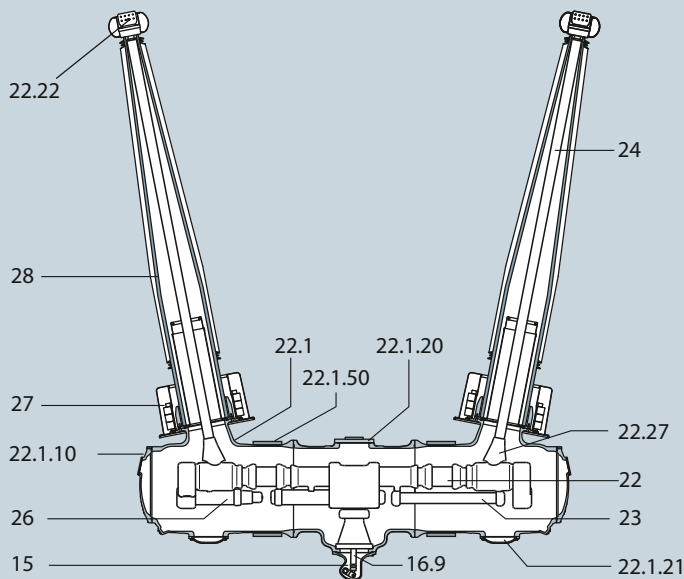
Соединение с воздушной линией электропередачи и шинами осуществляется посредством воздуш-

ных вводов с изоляцией SF6. Изоляторы изготавливаются из фарфора или композитных материалов (трубка из стекловолокна, пропитанная эпоксидной смолой с юбкой из силиконового каучука).

Корпус и вводы заполнены элегазом (SF6) с номинальным давлением 6,0 бар. Элегаз используется для изоляции и гашения дуги.

Выключатель ЗАР2/3-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,



- |         |                                      |
|---------|--------------------------------------|
| 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 ЗАР2/3-DT

предъявляемым к современному высоковольтному оборудованию.

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 ЗАР1/2 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



Рис. 13. Полюс ЗАР2 ДТ на 550 кВ

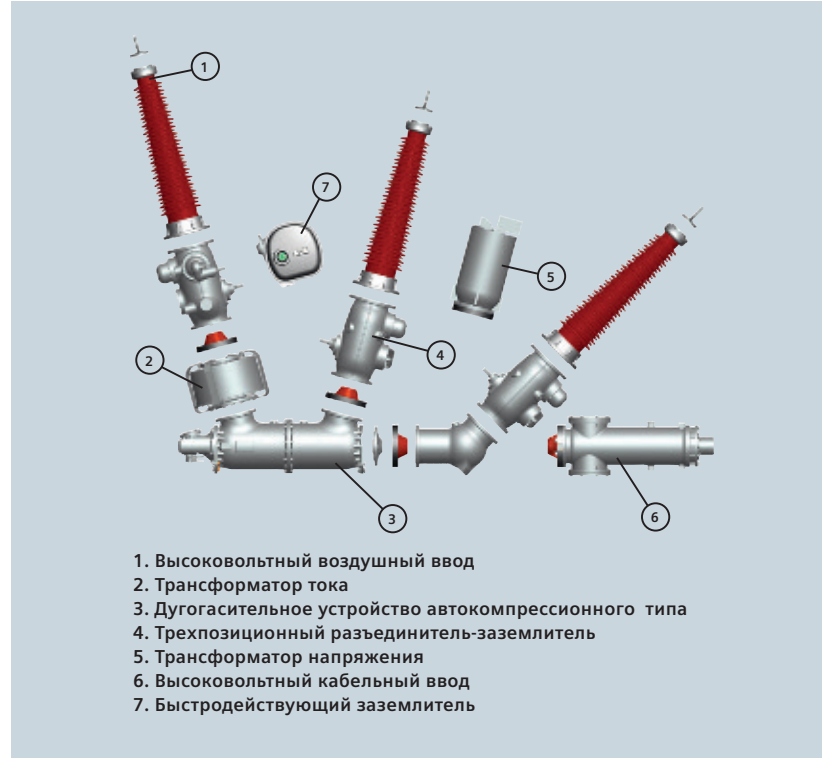


Рис. 14. Возможные компоненты ЗАР1 ДТС

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. 15. ЗАР1 DTC 145 кВ



Рис. 16. ЗАР1 DTC 245 кВ

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

### **Гибридная конструкция**

Гибридная конструкция включает компоненты с SF6 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 распре-

делительных устройств (КРУЭ).

### **Используемые компоненты:**

- Автокомпрессионная дугогасительная камера выключателей типа ЗАР;
- Пружинный привод выключателей типа ЗАР;
- 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 бизнесе 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;

Высоковольтное компактное распределительное устройство		ЗАР1 DTC	
Номинальное напряжение	(кВ)	145	245
Номинальный ток	(А)	3,150	4,000
Номинальная частота	(Гц)	50/60	50/60
Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса	(кВ)	650	1050
Испытательное одностороннее напряжение промышленной частоты	(кВ)	275	460
Номинальный ток отключения (3 с)	(кА)	40	63
Наибольший пик тока динамической стойкости	(кА)	108	170

Таблица 3. Технические характеристики ЗАР1 DTC

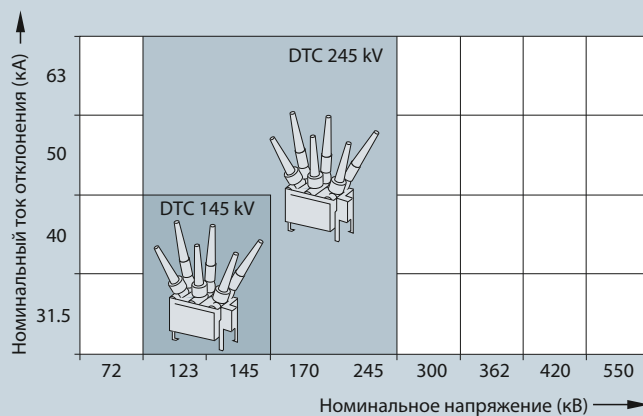


Рис. 17. DTC, трехполюсного или полюсного управления

- Трехпозиционный разъединитель/заземлитель, высокоскоростной быстродействующий заземлитель;
- Трансформатор тока, трансформатор напряжения и система индикации напряжения;
- Кабельные вводы различной конфигурации;
- Воздушные вводы с изоляторами из фарфора или композитных материалов;
- Дополнительная изоляция газовых отсеков с контролем плотности SF6 по желанию;
- Модули двойных выключателей для ультракомпактной конструкции подстанций;
- Возможны различные комбинации модулей, например, модуль разъединителя с модулем трансформатора напряжения.

#### Основные особенности и характеристики

- Простое заполнение и контроль SF6; возможен один газовый объем (изоляция дополнительно);
- Возможность применения в ограниченных пространствах и суровых климатических условиях, например, при температуре до -55°C;
- Полюсная 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 полюсный вариант управления (рис. 17).

#### 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).



Рис. 18. Выключатель ZAP1 DTC для 145 кВ с трансформатором напряжения и кабельным вводом



Рис. 19. ZAP1 DCB для 145 кВ

## 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, 20).

Устройство DCB разработано на основе популярного стандартного выключателя ZAP 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 с 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).



Рис. 20. Механическая блокировка ZAP2 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.	(А)	3,150	4,000
Номинальный ток отключения	(кА ср.кв.)	40 (31.5)	40
Температура окружающего воздуха*)	(°С)	-40 ... +40	-40 ... +40
Изоляционная среда		SF <sub>6</sub>	SF <sub>6</sub>
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	

Таблица 4. Технические характеристики 3AP DCB

\*) Другие значения температуры окружающего воздуха по запросу

\*\*) Или фарфор



Рис. 21 3AP2 DCB 420 кВ

### Особенности и характеристики

- Максимальная надежность благодаря использованию хорошо зарекомендовавших себя компонентов выключателей и разъединителей Siemens;
- Максимальная работоспособность благодаря большому 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).

### 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.

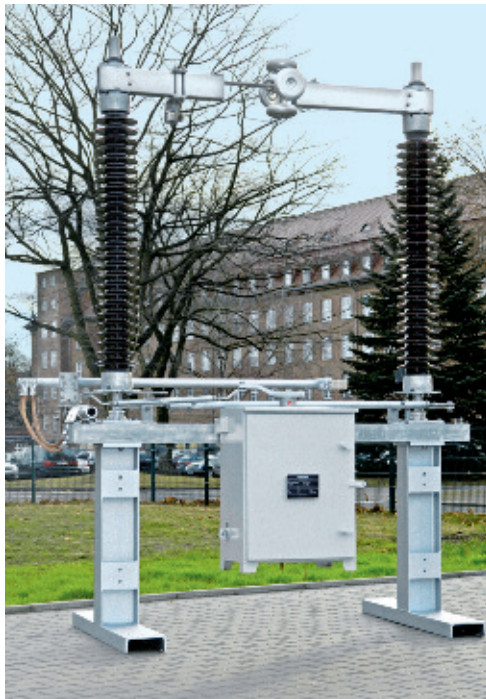


Рис. 22. Горизонтально-поворотный разъединитель



Рис. 23. Контакты главных ножей разъединителя

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.

#### 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

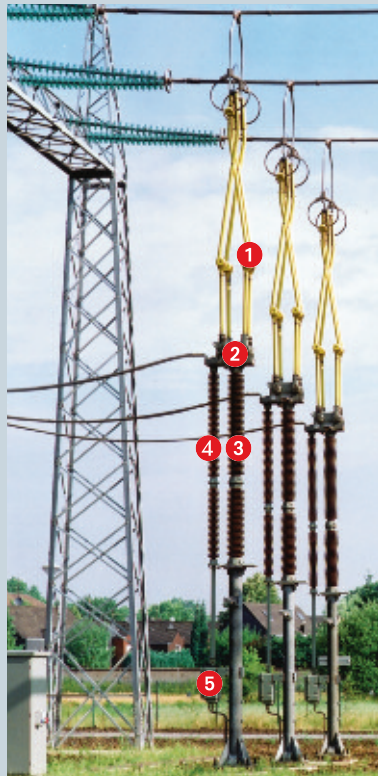
механических нагрузок, опорный изолятор и токоведущий контакт. Подшипники и контакты смазаны и не требуют обслуживания на всем протяжении срока эксплуатации (рис. 22). Токовая цепь горизонтально-поворотного разъединителя состоит всего из нескольких компонентов, таким образом, сопротивление контактов 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 (2);
- Угловой редуктор (3);
- Опорный изолятор (4);
- Вращающийся изолятор (5);
- Приводной механизм (6).



- Подвижный контакт (1);
- Неподвижный контакт (2);
- Угловой редуктор (3);
- Опорный изолятор (4);
- Вращающийся изолятор (5);
- Приводной механизм (6).

Рис. 24. Основные компоненты пантографного разъединителя



Рис. 25. Пантографный разъединитель

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.

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.

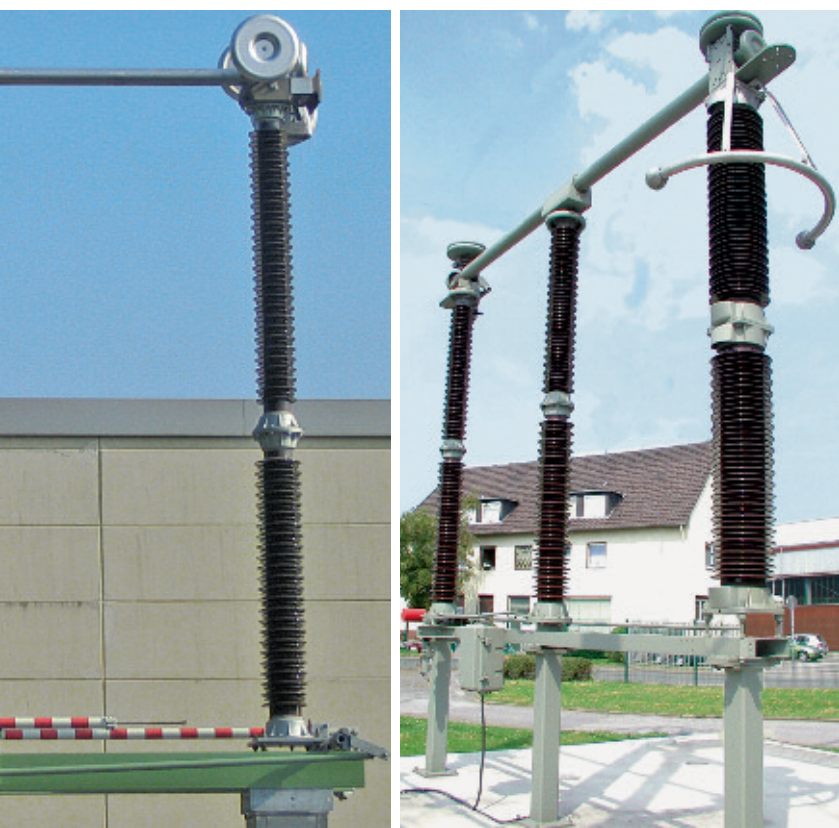


Рис. 26. Разъединитель с двойным разрывом и встроенным грозозащитным разрядником



Рис. 27. Полупантографный разъединитель

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 непод-

вижные 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 неподвижных и один вращающийся изолятор. Благодаря конструкции со складывающимся подвижным контактом требуется минимальное пространство в вертикальной плоскости. (рис. 27).

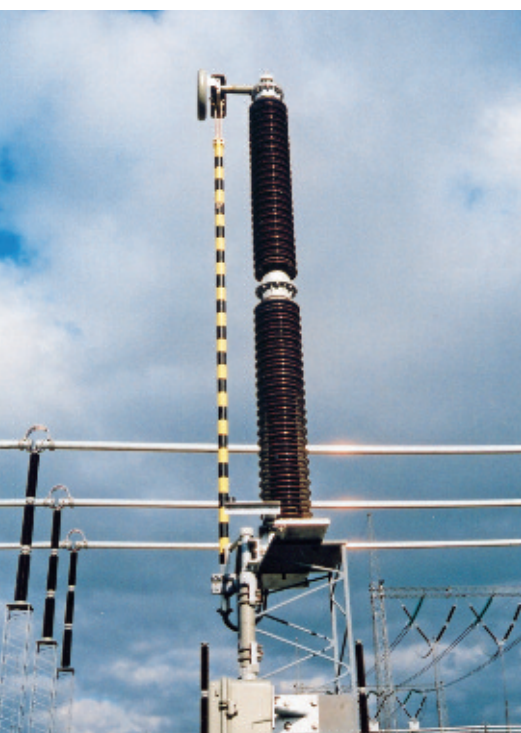
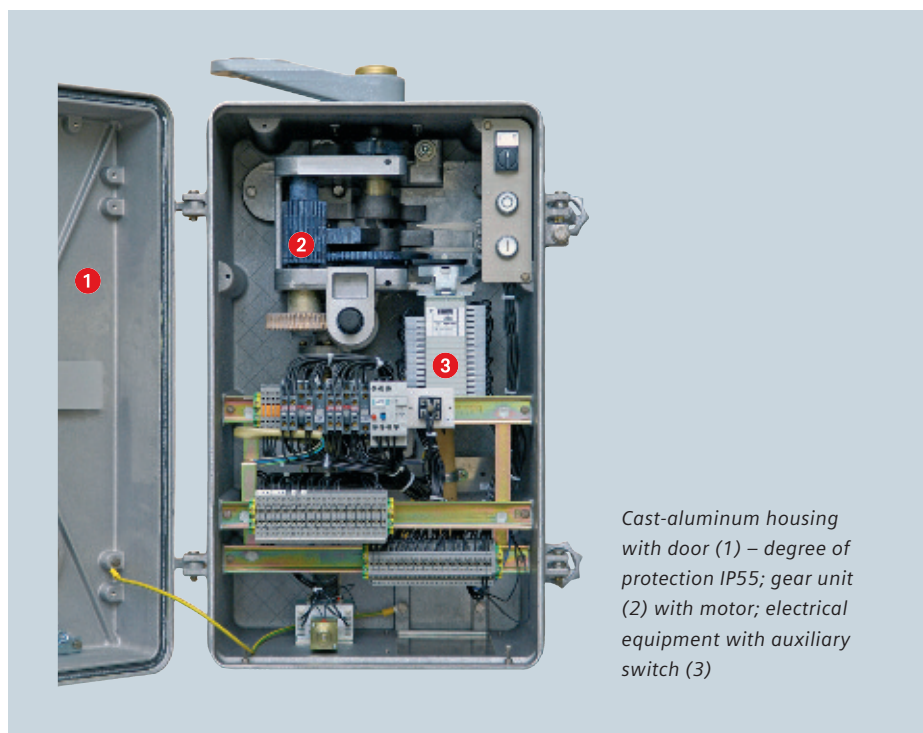


Рис. 28. Отдельно стоящий заземлитель



Cast-aluminum housing with door (1) – degree of protection IP55; gear unit (2) with motor; electrical equipment with auxiliary switch (3)

Рис. 29. Приводной механизм

### 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 А или класс В.

### 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.



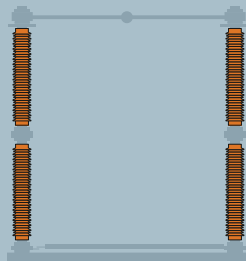
Технические характеристики										
Конструкция		Горизонтально-поворотный								
Номинальное напряжение		72.5	123	145	170	245	300	362	420	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1 мин										
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	140	230	275	325	460	380	450	520	620
Между контактами одной фазы	(кВ)	160	265	315	375	530	435	520	610	800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс										
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	325	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550
Между контактами одной фазы	(кВ)	375	630	750	860	1,200	1,050 (+170)	1,175 (+205)	1,425 (+240)	1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс										
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	–	–	–	–	–	850	950	1,050	1,175
Между контактами одной фазы	(кВ)	–	–	–	–	–	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)	900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс.	(А)	4,000								
Ток электродинамической стойкости, макс.	(кА)	160								
Ток термической стойкости, макс.	(кА)	63								
Длительность тока термической стойкости	(с)	1/3								
Толщина стенки гололеда, мм		10/20								
Диапазон рабочих температур	(°C)	–50/+50								
Тип приводного механизма		Электродвигательный/Ручной								
Управляющее напряжение	(В, DC) (В, AC)	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Hz								
Напряжение электродвигателя	(В, DC) (В, AC)	60/110/125/220 110/125/220, 1~, 50/60 Hz 220/380/415, 3~, 50/60 Hz								
Первый средний ремонт		через 25 лет								

Таблица 5. Горизонтально-поворотные разъединители

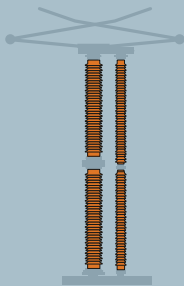
Технические характеристики									
Конструкция		Пантографный							
Номинальное напряжение		123	145	170	245	300	362	420	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1 мин									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	230	275	325	460	380	450	520	620
Между контактами одной фазы	(кВ)	265	315	375	530	435	520	610	800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550
Между контактами одной фазы	(кВ)	630	750	860	1,200	1,050 (+170)	1,175 (+205)	1,425 (+240)	1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	–	–	–	–	850	950	1,050	1,175
Между контактами одной фазы	(кВ)	–	–	–	–	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)	900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс.	(А)	5,000							
Ток электродинамической стойкости, макс.	(кА)	200							
Ток термической стойкости, макс.	(кА)	80							
Длительность тока термической	(с)	1/3							
Толщина стенки гололеда, мм		10/20							
Диапазон рабочих температур	(°C)	–50/+50							
Тип приводного механизма		Электродвигательный/Ручной							
Управляющее напряжение	(В, DC)	60/110/125/220							
	(В, AC)	220...230, 1~, 50/60 Hz							
Напряжение электродвигателя	(В, DC)	60/110/125/220							
	(В, AC)	110/125/220, 1~, 50/60 Hz							
	(В, AC)	220/380/415, 3~, 50/60 Hz							
Maintenance		через 25 лет							

Таблица 6. Пантографные разъединители

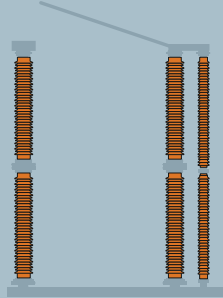
Технические характеристики									
Конструкция		Рубящий							
Номинальное напряжение		123	145	170	245	300	362	420	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1 мин									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	230	275	325	460	380	450	520	620
Между контактами одной фазы	(кВ)	265	315	375	530	435	520	610	800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	550	650	750	1,050	1,050	1,175	1,425	1,550
Между контактами одной фазы	(кВ)	630	750	860	1,200	1,050 (+170)	1,175 (+205)	1,425 (+240)	1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	–	–	–	–	850	950	1,050	1175
Между контактами одной фазы	(кВ)	–	–	–	–	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)	900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс.	(А)	4,000							
Ток электродинамической стойкости, макс.	(кА)	160							
Ток термической стойкости, макс.	(кА)	160							
Длительность тока термической	(с)	1/3							
Толщина стенки гололеда		10/20							
Диапазон рабочих температур	(°C)	–50/+50							
Тип приводного механизма		Электродвигательный/Ручной							
Управляющее напряжение	(В, DC) (В, AC)	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Hz							
Напряжение электродвигателя	(В, DC) (В, AC)	60/110/125/220 110/125/230, 1~, 50/60 Hz, 220/380/415, 3~, 50/60 Hz							
Первый средний ремонт		через 25 лет							

Таблица 7. Разъединители рубящего типа

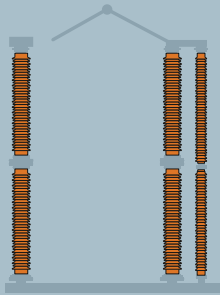
Технические характеристики			
Конструкция		Полупантографный	
Номинальное напряжение		123	550
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1 мин			
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	230	620
Между контактами одной	(кВ)	265	800
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс			
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	550	1,550
Между контактами одной	(кВ)	630	1,550 (+315)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс			
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	–	1,175
Между контактами одной	(кВ)	–	900 (+450)
Номинальный рабочий ток, макс.	(А)	4,000	
Ток электродинамической стойкости, макс.	(кА)	100	160
Ток термической стойкости, макс.	(кА)	40	63
Длительность тока термической	(с)	1/3	
Толщина стенки гололеда	мм	10/20	
Диапазон рабочих температур	(°C)	–50/+50	
Тип приводного механизма		Электродвигательный/Ручной	
Управляющее напряжение	(В, DC) (В, AC)	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Hz	
Напряжение электродвигателя	(В, DC) (В, AC)	60/110/125/220 110/125/230, 1~, 50/60 Hz 220/380/415, 3~, 50/60 Hz	
Первый средний ремонт		через 25 лет	

Таблица 8. Полупантографные разъединители

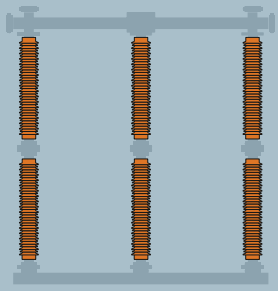
Технические характеристики									
Конструкция		Двухразрывный							
Номинальное напряжение		123	145	170	245	300	420	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1 мин									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	230	275	325	460	380	520	450	830
Между контактами одной	(кВ)	265	315	375	530	435	610	520	1,150
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	550	650	750	1,050	1,050	1,425	1,550	2,100
Между контактами одной	(кВ)	630	750	860	120	1,050 (+170)	1,425 (+240)	1,550 (+315)	2,100 (+455)
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Фаза-земля и фаза-фаза	(кВ)	–	–	–	–	850	1,050	1,175	1,550
Между контактами одной	(кВ)	–	–	–	–	700 (+245)	900 (+345)	900 (+450)	1200 (+650)
Номинальный рабочий ток, макс.	[А]	4000							
Ток электродинамической стойкости, макс.	[кА]	160							
Ток термической стойкости, макс.	[кА]	63							
Длительность тока термической	[с]	1/3							
Толщина стенки гололеда, мм		10/20							
Диапазон рабочих температур	[°C]	–50/+50							
Тип приводного механизма		Электродвигательный/Ручной							
Управляющее напряжение	[В, DC] [А AC]	60/110/125/220 220...230, 1~, 50/60 Hz							
Напряжение электродвигателя	[В, DC] [А, AC]	60/110/125/220 110/125/230, 1~, 50/60 Hz 220/380/415, 3~, 50/60 Hz							
Первый средний ремонт		25 лет							

Таблица 9. Двухразрывный разъединитель

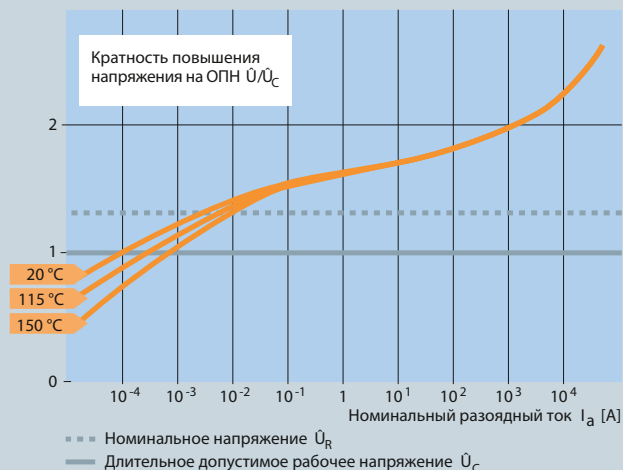


Рис. 30. Зависимость кратности повышения напряжения от разрядного тока для ОПН

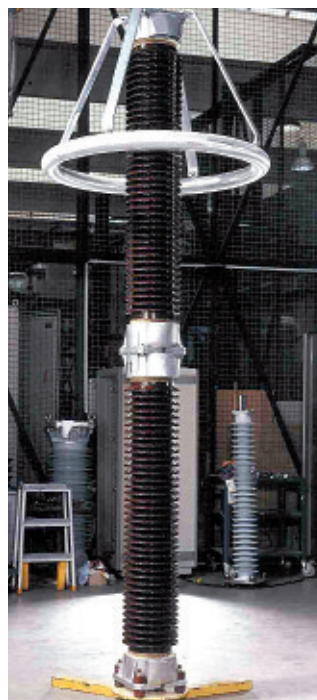


Рис. 31. ОПН в традиционном фарфоровом корпусе; предназначен для номинальных напряжений до 800 кВ



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

# Ограничители перенапряжений (ОПН)

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.

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 вольт-амперная 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 преимуще-

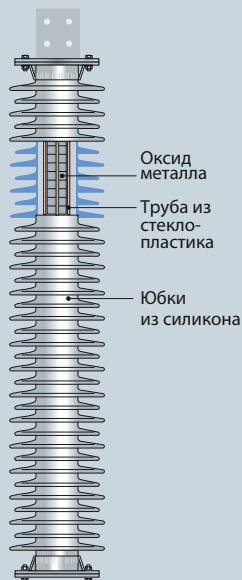


Рис. 33. ОПН серии ZEL с клеточной конструкцией

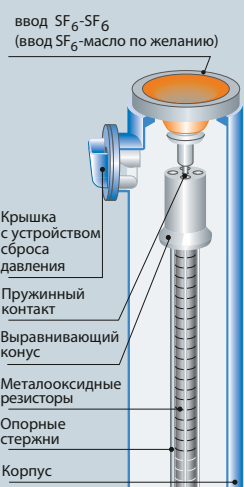


Рис. 34. Газоизолированный ОПН в металлическом корпусе (разрядник GIS)

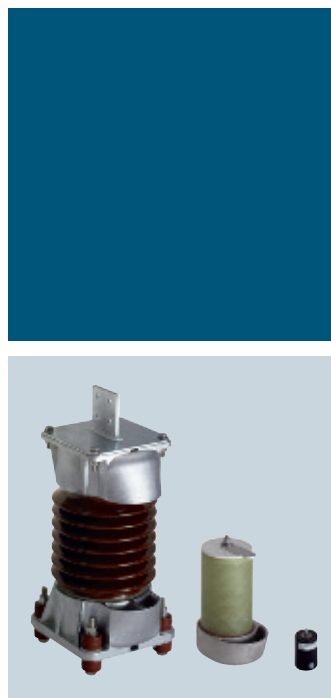


Рис. 35. ОПН среднего напряжения



Рис. 36. Устройство контроля числа срабатываний ОПН типа ACM

ствами:

- 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 элек-

трифицированных 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 резистивно 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 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 отработывалась 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 ЗEQ) могут также служить опорными изоляторами. Стойкость к загрязнению обусловлена водоотталки-

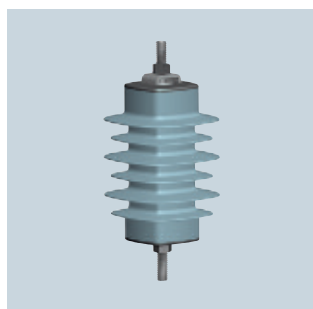


Рис. 37. ОПН ЗЕК4 среднего напряжения для распределительных устройств

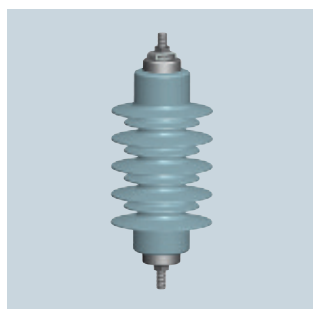


Рис. 38. Разрядник ЗЕК7 среднего напряжения для распределительных устройств

вающим 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 ЗЕР и ЗEQ. Разница заключается в том, что механические свойства ОПН типа ЗEL (рис. 33) обуславливаются 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 выносятся 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 газонаполненные распределительные устройства.

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


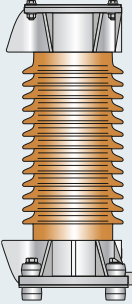

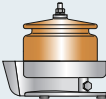
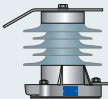
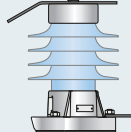


#### Мониторинг

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 внешних перенапряжений, возникающих






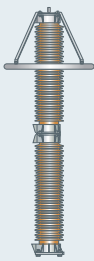







	Специальное применение		Применение на железной дороге				Распределительные сети среднего напряжения	
	ЗЕФ1; ЗЕФ3; ЗЕФ4; ЗЕФ5	ЗЕЕ2	ЗЕВ2	ЗЕС3	ЗЕВ4	ЗЕВ1	ЗЕК4	ЗЕК7
								
Сфера применения	Электродвигатели, сухие трансформаторы, системы освещения аэродромов, ограничители напряжения на корпусе, защита преобразователей для приводов	Генераторы, электродвигатели, плавильные печи	Контактные подвесные провода постоянного тока	Системы постоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Системы переменного и постоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Системы переменного и постоянного тока (локомотивы, контактные сети), для наибольшей скорости	Распределительные сети и распределительные устройства среднего напряжения	Распределительные сети и распределительные устройства среднего напряжения
Максимальное рабочее напряжение для оборудования (Um), кВ	12	36	2	4	72.5	30	45	72.5
Номинальное напряжение ОПН, кВ	15	53	2	4	60 (AC); 4 (DC)	37 (AC); 4 (DC)	36	60
Номинальный разрядный ток, кА	ЗЕФ1 1 ЗЕФ3 1 ЗЕФ4 10 ЗЕФ5 10	10	10	10	10	10	10	10
Максимальная удельная рассеиваемая энергии (на кВ Ur) кДж/кВ	ЗЕФ1 0.8 ЗЕФ3 4 ЗЕФ4 12.5 ЗЕФ5 8	10	10	10	8 (AC); 10 (DC)	8 (AC); 10 (DC)	3.5 <sup>1)</sup>	3.5 <sup>1)</sup>
Амплитуда испытательного прямоугольного импульса, 2 мс, А	ЗЕФ4 1,600 ЗЕФ5 1,200	1,200	1,200	1,200	850 (AC); 1,200 (DC)	850 (AC); 1,200 (DC)	325	325
Номинальный ток КЗ, кА	40	300	40	40	40	40	20	20
Материал корпуса	Полиэтилен	Фарфор	Силикон	Фарфор	Силикон	Силикон	Силикон	Силикон
Принцип конструкции	ЗЕФ1 – полиэтилен, прямо отлитый на МО; ЗЕФ3/ЗЕФ4/ЗЕФ5 – полый изолятор	Полый изолятор	Прямо отлитый	Полый изолятор	Полый изолятор, силикон прямо отлит на трубу из стеклопластика	Полый изолятор, силикон прямо отлит на трубу из стеклопластика	Клеточная конструкция, силикон отлит прямо на варистор	Клеточная конструкция, силикон отлит прямо на варистор
Устройство сброса давления	Нет	Да	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет

<sup>1)</sup> Способность поглощения энергии при условиях рабочего испытания в соответствии с IEC 60099-4

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

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 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 пропу-

	Фарфор				Силикон						
	ЗЕР5	ЗЕР4	ЗЕР2	ЗЕР3	ЗЕЛ5	ЗЕЛ1	ЗЕЛ2	ЗЕЛ1	ЗЕЛ4	ЗЕЛ3	ЗЕЛ5
											
Applications	Системы среднего и высокого напряжения, наружные установки	Системы среднего и высокого напряжения, наружные установки	Системы высокого напряжения, наружные установки	Системы высокого напряжения, наружные установки, высоковольтный постоянный ток, SC&SVC	Системы среднего и высокого напряжения, ОПН стационарного класса, линейный разрядник	Системы среднего и высокого напряжения, ОПН стационарного класса, линейный разрядник	Системы среднего и высокого напряжения, ОПН стационарного класса, линейный разрядник	Системы среднего и высокого напряжения, наружные установки	Системы высокого напряжения, наружные установки	Системы высокого напряжения, наружные установки, высоковольтный постоянный ток, SC&SVC	Системы высокого напряжения, наружные установки, высоковольтный постоянный ток
Максимальное рабочее напряжение сети (Um), кВ	123	362	550	800	145	362	550	362	550	800	1,200
Номинальное напряжение ОПН, кВ	96	288	468	612	126	288	468	288	468	612	850
Максимальный разрядный ток, кА	10	10	20	20	10	10	20	10	20	20	20
Макс. класс ОПН	3	3	5	5	2	2	4	3	5	5	5
Максимальна удельная рассеиваемая энергии (на кВ Ur) кДж/кВ	8	8	13	25	2	5	10	8	18	25	66
Амплитуда испытательного прямоугольного импульса, 2 мс, А	1,100	1,100	2,000	7,000	550	750	1,200	1,100	3,200	8,500	11,000
Номинальный ток КЗ, кА	40	65	80	100	20	65	65	50	80	80	80
Максимальная допустимая рабочая нагрузка, кНм	2.0 (SSL) <sup>1)</sup>	3 (SSL) <sup>1)</sup>	12.5 (SSL) <sup>1)</sup>	34 (SSL) <sup>1)</sup>	0.5 (SSL) <sup>1)</sup>	1.2 (SSL) <sup>1)</sup>	4.0 (SSL) <sup>1)</sup>	6.0 (SSL) <sup>1)</sup>	38 (SSL) <sup>1)</sup>	72 (SSL) <sup>1)</sup>	225 (SSL) <sup>1)</sup>
Материал корпуса	Фарфор				Силикон						
Принцип конструкции	Полый изолятор				Силикон отлит прямо на варистор			Полый изолятор, силикон прямо отлит на трубу из стеклопластика			
Устройство сброса давления	Да				Нет			Да			

<sup>1)</sup> SSL = Указана кратковременная нагрузка

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


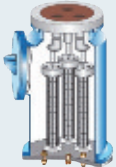

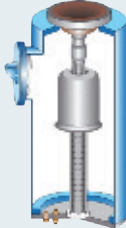

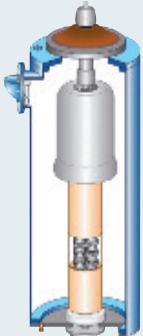
	ЗЭС2-D/E 1 фаза	ЗЭС4-K 3 фазы	ЗЭС5-C 3 фазы	ЗЭС5-F/G/ 1 фаза	ЗЭС5-H 1 фаза	ЗЭС9-J 1 фаза
						
Сфера применения	Высоковольтные системы, защита распределительных устройств и трансформаторов в металлическом корпусе с газовой изоляцией					
Максимальное рабочее напряжение сети	170/245	72.5	170	245/362	550	800
(Um), кВ	156/216	96	156	216/288	444	612
Номинальное напряжение ОПН, кВ	20	10	20	20	20	20
Максимальный разрядный ток, кА	4	3	4	4/5	5	5
Макс. класс ОПН	10	8	10	10/13	13	18
Максимальная удельная рассеиваемая энергии (на кВ U <sub>г</sub> ) кДж/кВ	1,200	850	1,200	1,200/1,600	1,600	2,100
Амплитуда испытательного прямоугольного импульса, 2 мс, А	50	50	65	65	65	65
Номинальный ток КЗ, кА	Металл					
Максимальная допустимая рабочая нагрузка, кНм	Да					
Материал корпуса						

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

скают токи низкой частоты. Незначительные токи, протекающие через ОПН, в 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 (рис 39):

- Группа ОПН серии ЗЕФ для защиты электродвигателей, сухих трансформаторов, систем освещения аэродромов и кабельных оболочек, а также для защиты преобразователей для приводов;
- ОПН в фарфоровом корпусе ЗЕЕ2 предназначен для защиты генераторов, электродвигателей, плавильных печей;
- Разрядник в силиконовом корпусе ЗЕК предназначен для распределительных сетей и распределительных устройств до 72,5 кВ (рис. 37 и рис. 38).



Рис. 39. Газоизолированные трансформаторы тока 800 кВ



Рис. 40. Масляные трансформаторы тока 550 кВ



Рис. 41. Газонаполненные трансформаторы тока 145 кВ

# Измерительные трансформаторы

## 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 транс-



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



Рис. 43. Газонаполненный трансформатор напряжения 765 кВ

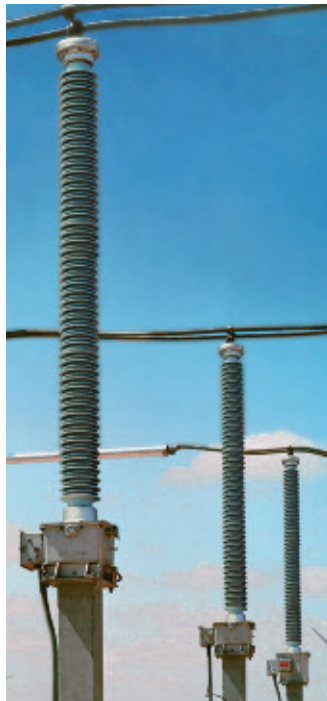


Рис. 44. Емкостные трансформаторы напряжения 245 кВ



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

форматора. Стандарты IEC для масляных или газонаполненных устройств требуют, чтобы значение частичного разряда было меньше 10 pC при U<sub>max</sub>. 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 градирующим 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.



Рис. 46. Газонаполненный трансформатор напряжения для AIS 145 кВ

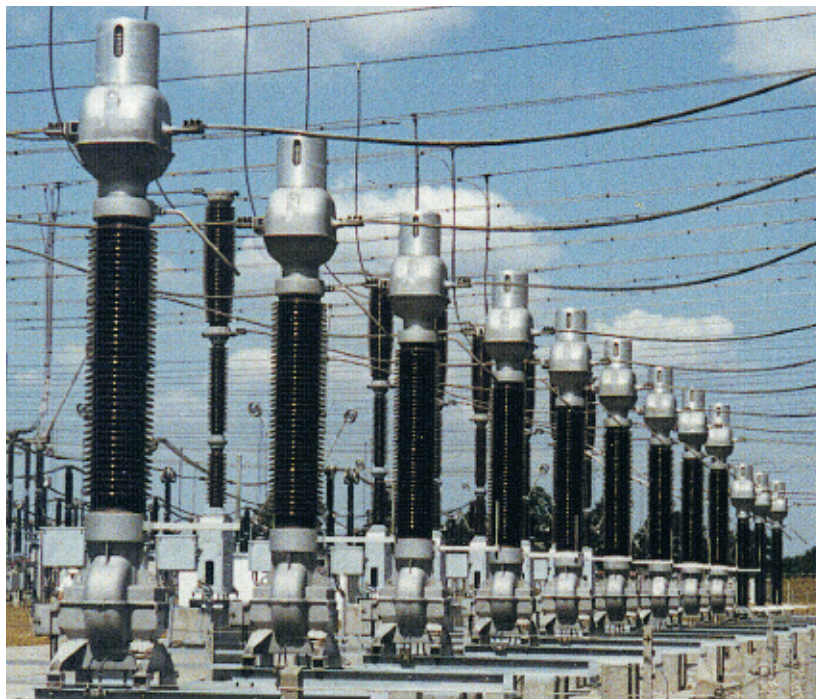


Рис. 47. Масляные комбинированные измерительные трансформаторы 245 кВ



Рис. 48. Газонаполненный комбинированный измерительный трансформатор 800 кВ

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 SF<sub>6</sub> в сочетании с композитными изоляторами очень хорошо подходит для этой цели, так как в 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 механи-

ческие нагрузки в корпусе, т.е. разрушается только сам диск. Газ выходит, однако трансформатор остается цел, и взрыва не происходит.

#### Надежные изоляционные свойства

Газ SF<sub>6</sub> является основной изоляционной средой между высоковольтным потенциалом и потенциалом земли. Неизменное качество гарантируется использованием газа SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> трансформатор все равно работает как при номинальном давлении.

#### Безопасность для окружающей среды в крайне суровых условиях

Газ SF<sub>6</sub> абсолютно безопасен для человека. Он не токсичен, и его продукты разложения не загрязняют окружа-



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)

ющую 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 трансформатору, 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 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 градуированной 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;

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



											
Тип		SAD/SA					LPCT				
Диапазон напряжения (кВ)		72,5 – 550					72,5 – 550				
Изоляционная среда		SF <sub>6</sub>					–				
		Технические данные SAD/SA									
Наибольшее рабочее напряжение (кВ)		72,5	123	145	170	245	300	362	420	550	
Выходной ток (А)		1 – 5 (Низкий потенциал: 3,25 В)									
Ток термической стойкости (кА)		31,5			50			63			
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 – +60									
Класс изоляции		(°C)									
Класс точности обмоток для измерения		0,1 – 0,2 – 0,25 – 0,5 – 0,5S – 1									
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)

- 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.

#### 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 (SF<sub>6</sub>) (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 внеш-



Технические данные трансформаторов напряжения/Резистивно-емкостных делителей Trench для комплектных



											
Тип		SUD/SU					RCD				
Диапазон напряжения	(кВ)	72,5-800					72,5-500				
Изоляционная среда		SF6					Масло/SF6				
<b>Технические данные SUD/SU</b>											
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	1050	1050	1175	1425	1550	2100
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	(кВ)	-	-	-	-	-	850	950	1050	1175	1550
Выходное напряжение	(В)	110/√3 – 200/√3 (другие значения по запросу) (резонансно-емкостный делитель переменного и прямого 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)	-35 + 40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E									
Класс точности измерения		0,1 – 0,2 – 0,5 – 1									
Выходная нагрузка		для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика									
Класс точности защиты		ЗР-6Р									
Выходная нагрузка		для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика									
Выходной тепловой предел		2000					3000 1)				
IID		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Значения в соответствии с IEC; имеются другие значения, например, ANSI											

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

ную 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 альтернативой маломощным трансформаторам;
- Использование только стойких к коррозии материалов;
- Весь ассортимент продукции может поставляться с композитным изолятором.

*Особенности газонаполненных трансформаторов:*

- Взрывозащищенная конструкция с использованием

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		SF6			SF6			Масло			
Композитный изолятор		x			x			x			
Фарфоровый изолятор					x			x			
<b>Технические данные</b>											
Уровень напряжения	(кВ)	72,5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц/1 мин	(кВ)	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение грозового импульса	(кВ)	325	550	650	750	1050	1050	1175	1425	1550	2100
Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	(кВ)	-	-	-	-	-	850	950	1050	1175	1550
Номинальный первичный ток, макс.	(А)	5000									
Номинальный вторичный ток	(А)	1 – 2 – 5									
Ток термической стойкости	(кА)	63 (80 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	(°С)	-40 - +40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E (устройства с изоляцией SF6) – A (устройства с масляной изоляцией)									
Класс точности измерения		0,1 – 0,2 – 0,2S – 0,5 – 0,5S – 1									
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		SF6	SF6	Масло	Масло	Масло	Масло/ SF6
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/1 мин	(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 прямого 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 прямого тока: 0-1 МГц)									
Длина пути тока утечки	(мм/кВ)	25-31 (больше по запросу)									
Диапазон рабочих температур	(°С)	-40 - + 40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E (устройства с изоляцией SF6) – A (устройства с масляной изоляцией)									
Класс точности измерения		0,1 – 0,2 – 0,5									
Выходная нагрузка (только переменный ток)		для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика									
Класс точности защиты		(очень низкая выходная нагрузка для резонансно-емкостного делителя > 100 кΩ)									
Выходная нагрузка (только переменный ток)		ЗР-6Р									
Мощность, макс.	(ВА)	для различных классов в соответствии со спецификацией заказчика									

Значения в соответствии с IEC; имеются другие значения, например, ANSI

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



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



Рис. 53. Трансформатор напряжения для газонаполненных подстанций 145 кВ

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 альтернативой маломощным силовым трансформаторам.

#### **Емкостный трансформатор напряжения (масляный)**

Разделительные конденсаторы (СС) используются для передачи высокочастотных сигналов в линию электропередачи. СС, установленный в комплекте с электромагнит-

ным 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
- Большое значение собственной емкости обеспечивает высококачественное связывание сигнала линии связи по линии передачи (ЛСПП), 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 поддаются 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 маслonaполненном 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 из 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 коррозионноустойчивые материалы

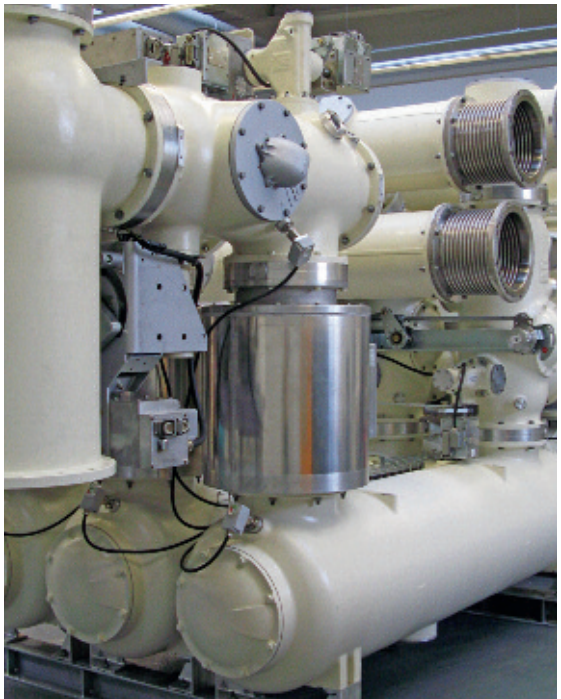


Рис. 54: Трансформатор тока с сердечником в воздушной среде на 300 кВ для GIS

- 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 мембраны
- 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 рассчитан на большиеток 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 коррозионноустойчивые 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, ISPEL)
- 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 в 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
- 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 SF6
- 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
- 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.

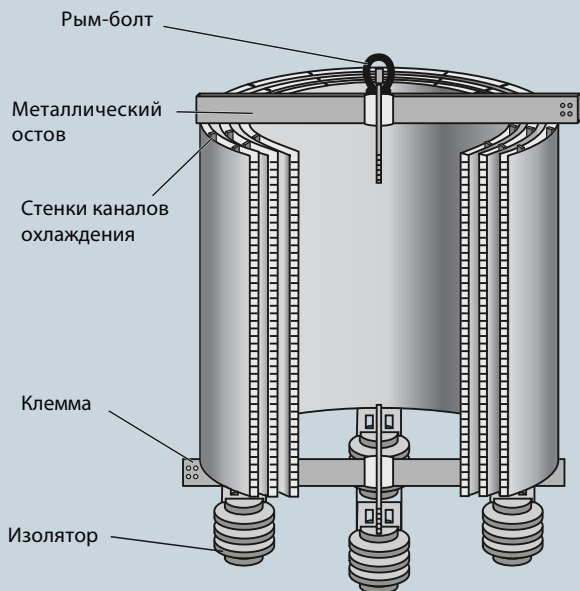


Рис. 55. Типовая конструкция реактора сухого типа с воздушным сердечником производства Trench



Рис. 56. Трехфазный многоярусный токоограничивающий реактор

# Высоковольтные 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 про-

грамма 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 соответствуют ANSI/IEEE, IEC и другим основным стандартам

## Конструкция

Реактор сухого типа с воздушным сердечником производ-





Рис. 57: Объединенные в тройки шунтирующие реакторы

ства 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 тщательного выверенного цикла вулканизации в печи приводит к созданию заключенной в оболочку обмотки. Сеть горизонтальных и вертикальных стекловолоконных связей 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 выдерживать 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 функционируют 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). Областей применения варьируется 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 - электродуговых печей (ЕАФ). Режим работы электродуговой печи - низкий 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 реактивно 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:

$$v = tk \pm 1,$$

где  $t$  — фазность (пульсность) преобразователя;  $k = 1, 2, 3, \dots$

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 обуславливает 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 предназначены для установки в помещении, пропитываются кремнийорганическим лаком. Для охлаждения реакторов предусмотрены межслойные 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 (ТСР) 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 вентиляей.

- Реакторы с тиристорным управлением (ТСР)
- Конденсаторные реакторы с тиристорным управлением (ТСС)
- 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. Trench много предложений для решения этих задач.

### Лабораторные испытательные реакторы

Лабораторные испытательные реакторы устанавливаются в высоковольтных и высокоомощных испытательных лабораториях. Стандартнее 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

## 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
- SF<sub>6</sub>-воздух
- Воздух-воздух

**Внутренняя изоляция ввода выполнена из различных изоляционных материалов:**

- Пропитанная маслом бумага
- Пропитанная эпоксидной смолой бумага
- Газ SF<sub>6</sub>

**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 уравнивающие 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 трекинговая стойкость;
- 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 выполнен 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

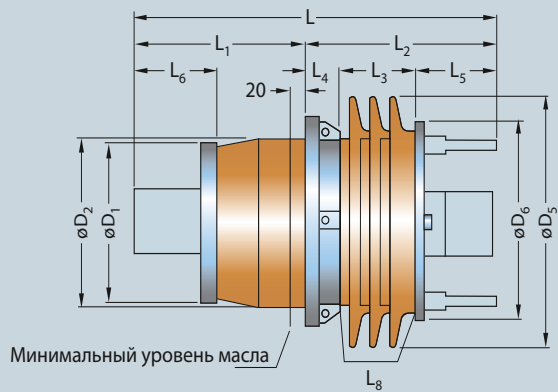


Рис. 60: Трансформаторный ввод – силовоточный

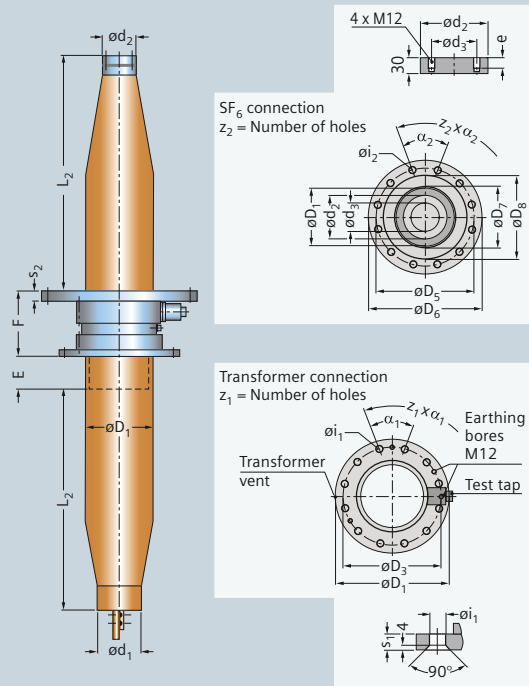
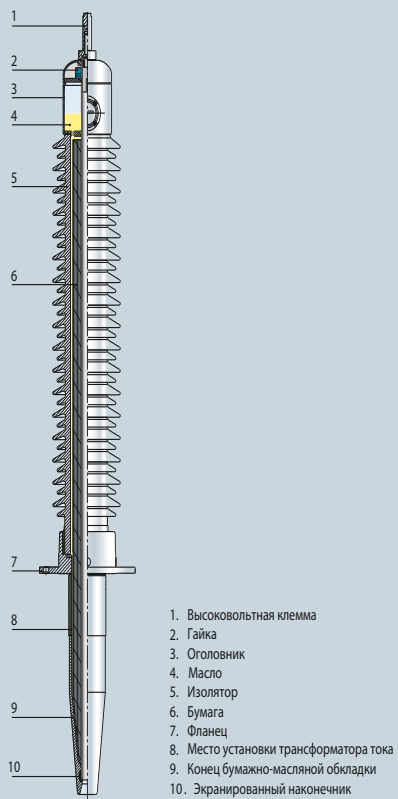
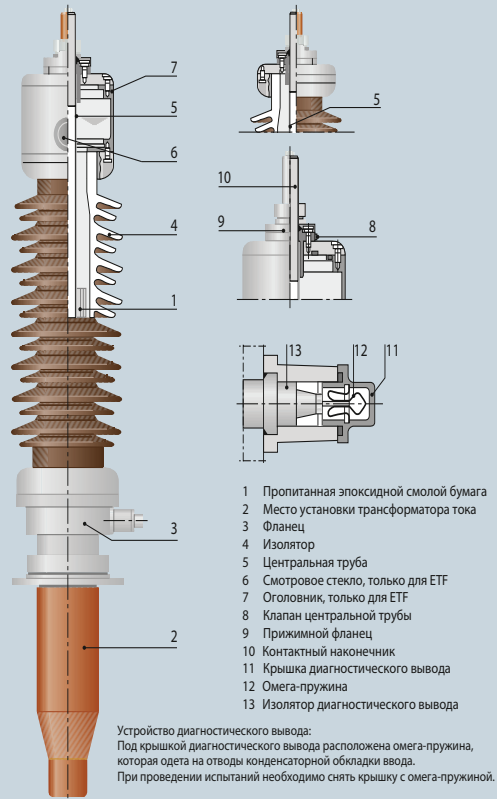


Рис. 61: Трансформаторный ввод – масляно-газовый



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

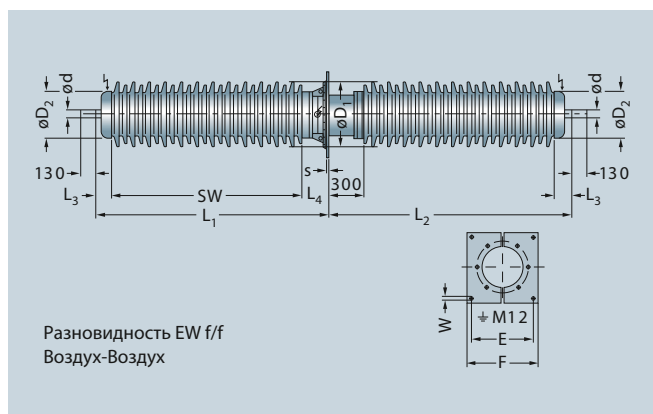


Рис. 65: Настенный ввод

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

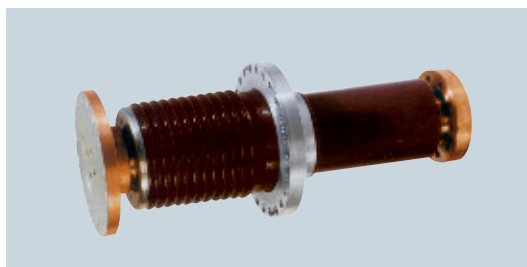
#### Настенные вводы

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)



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



Вверху: Рис. 67. Ввод генератора



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



Рис. 69. Испытание настенного высоковольтного ввода постоянного тока

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

## Линейные изоляторы

**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 не большой высоты и имеют небольшую протяженность. Кроме того транспортировка и монтаж также изоляторов требует незначительных материальных затрат.

### **Конструкция**

Корпус изолятора 3FL представляет собой цельный

корпус из силиконового каучука высокотемпературной вулканизации (НТВ), выполненный отливкой «в один впрыск». В силикон НТВ 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



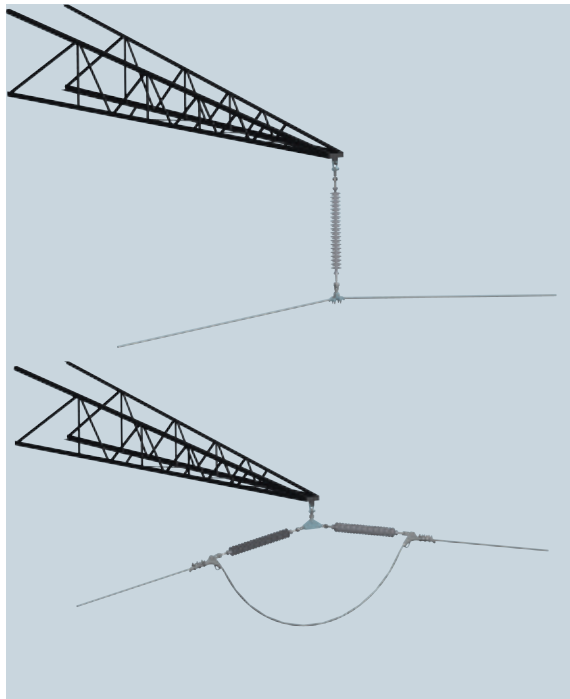


Рис. 71. Линейные изоляторы 3FL на ВЛ



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

жень (стержень FRP). Благодаря предельно высокой устойчивости стержня FRP к воздействию щелочей и кислот устранена угроза так называемого хрупкого излома в изоляторах 3FL.

#### 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.



Рис. 73. Изолятор с роговым разрядником

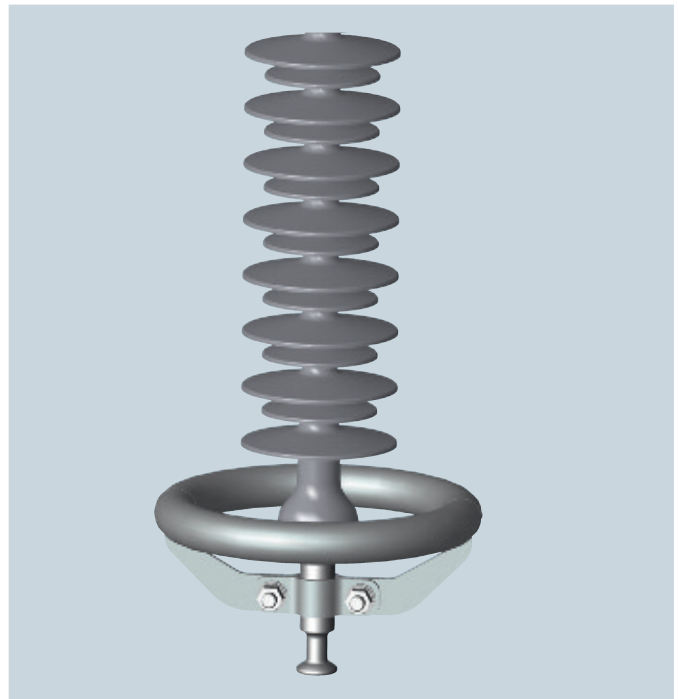


Рис. 74: Изолятор с защитой от «короны»

#### 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 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 от перенапряжений и кольцо для защиты от «короны». По желанию клиентов возможна комплектация изоляторов и другим оборудованием.

#### 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).



Рис. 75: Концевые фитинги 3FL2

<sup>1</sup>HTV: High-temperature vulcanizing

<sup>2</sup>ECR glass: Electrical- and corrosion-resistant glass

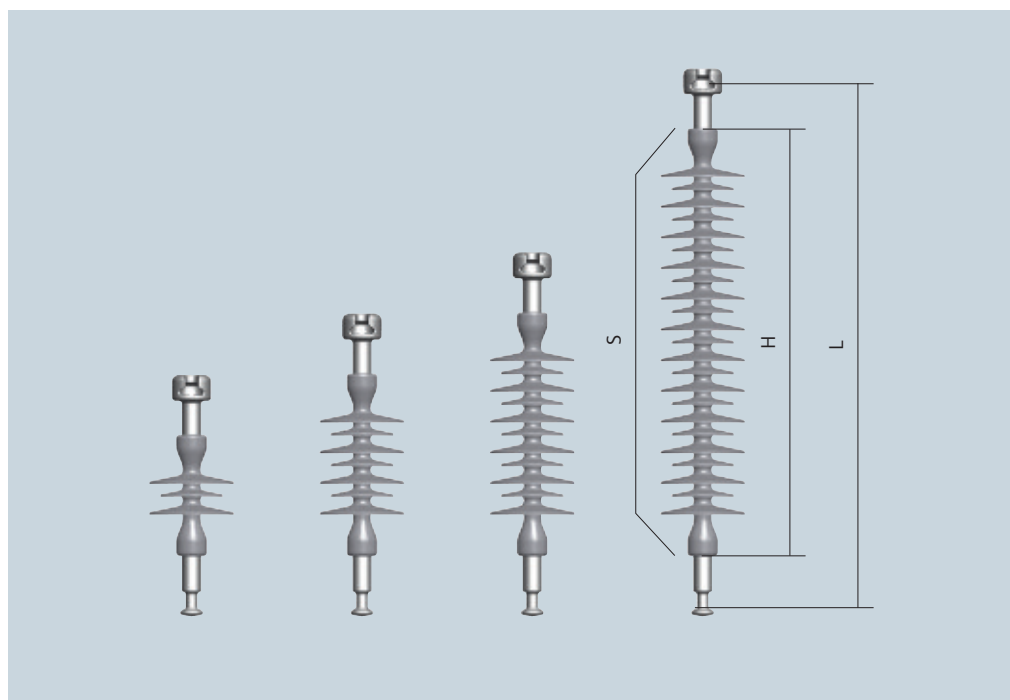


Рис. 76. 3FL2

#### 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 гирляндовые изоляторы для воздушных линий электропередач с номинальным напряжением свыше 1000 В – Часть 1: Стандартные классы прочности и концевые фитинги
IEC 61466-2	Композитные гирляндовые изоляторы для воздушных линий электропередач с номинальным напряжением свыше 1000 В – Часть 2: Габаритные и электрические характеристики
IEC 60120	Размеры шарнирных соединений гирляндовых изоляторов
IEC 60471	Размеры серьговых соединений гирляндовых изоляторов

Таблица 17: Стандарты продукции

Максимальные значения		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

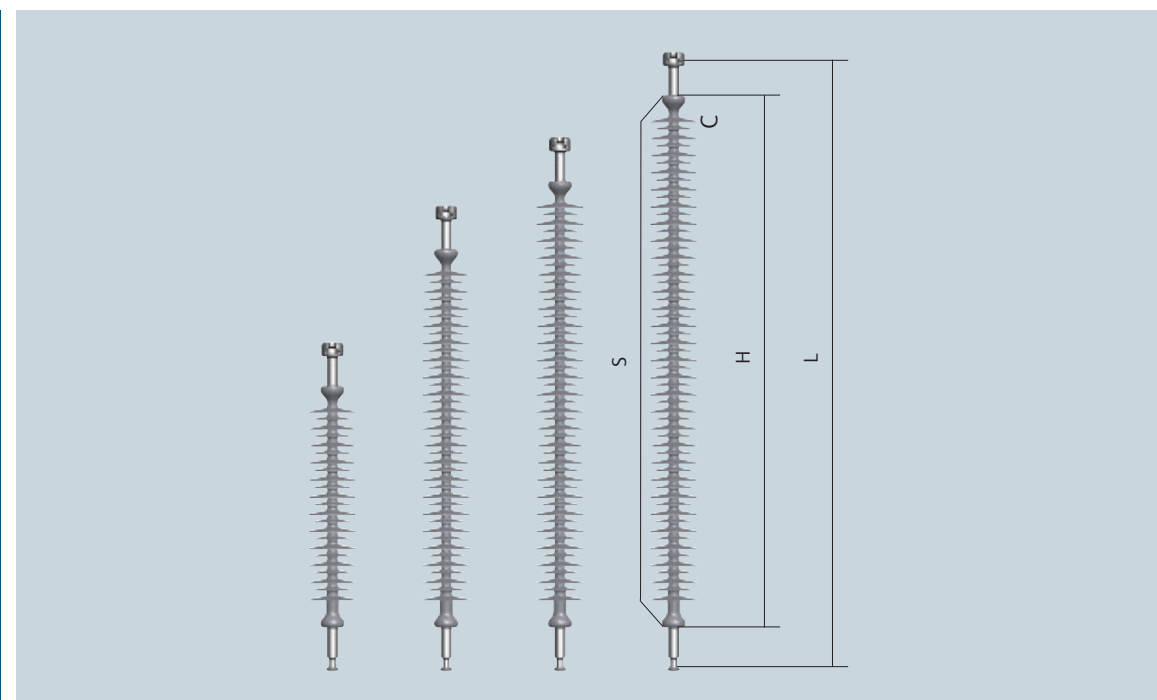


Рис. 77. Изоляторы 3FL4

### 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 3FL2 обладают высокой механической прочностью на разрыв (до 120 кН).

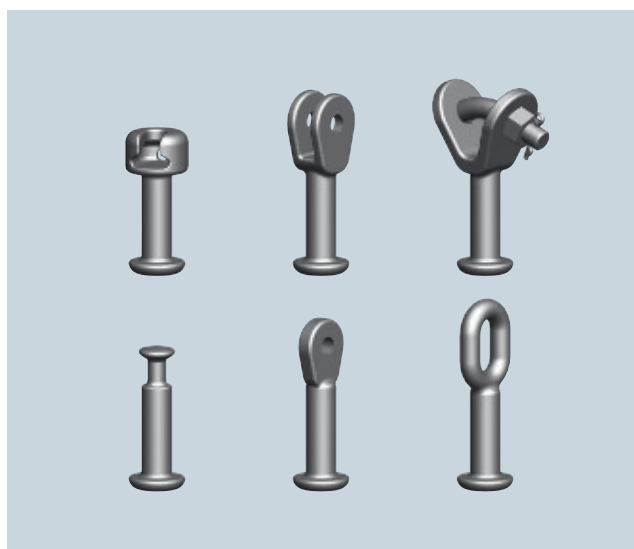


Рис. 78: Концевые фитинги 3FL4

### 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	Диаметр коронирующего кольца
Um кВ	Un 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

### Технические данные для 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)
Um кВ	Un кВ	LIWL мин кВ	PFWL мин кВ	S мм	C мм	H мм	L мм		SML кН	RTL кН	D мм	W кг
72.5	60, 66, 69, 72	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 данные для 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:

Телефон: +49 180 524 70 00

Факс: +49 180 524 24 71

(Или к специалистам по направлениям)

E-mail: [support.energy@siemens.de](mailto:support.energy@siemens.de)

**Ограничители перенапряжений (AR)**

[www.siemens.com/energy/arrester](http://www.siemens.com/energy/arrester)

**Высоковольтные вводы (BU)**

[www.siemens.com/energy/bushings](http://www.siemens.com/energy/bushings)

**Высоковольтные выключатели (CB)**

[www.siemens.com/energy/hv-circuit-breaker](http://www.siemens.com/energy/hv-circuit-breaker)

**Реакторы (CL)**

[www.siemens.com/energy/coils](http://www.siemens.com/energy/coils)

**Разъединители (DS)**

[www.siemens.com/energy/disconnector](http://www.siemens.com/energy/disconnector)

**Измерительные трансформаторы (IN)**

[www.siemens.com/energy/instrument-transformers](http://www.siemens.com/energy/instrument-transformers)

**Линейные изоляторы (LRI)**

[www.siemens.com/energy/insulators](http://www.siemens.com/energy/insulators)

Siemens AG  
Energy Sector  
Power Transmission Division  
High Voltage Products  
Nonnendammallee 104  
13629 Berlin, Germany

Офис в Москве:  
115184, Москва,  
ул. Большая Татарская, д.9  
Телефон: +7 (495) 737 27 14  
Факс: +7 (495) 737 25 36

Производство в Воронеже:  
394033, Воронеж,  
ул. Землячки, д.1  
Телефон: +7 (473) 233 35 06  
Факс: +7 (473) 233 35 06, доб. 50 33