





4.1	Высоковольтные выключатели	144
4.1.1	Выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 800 кВ	144
4.1.2	Колонковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 800 кВ	148
4.1.3	Баквые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 500 кВ	151
4.1.4.	Помпактные коммутационные модули DTC с номинальным напряжением до 245 кВ	154
4.1.5.	DCB – выключатель-разъединитель	156
4.2	Высоковольтные разъединители	158
4.2.1	Разъединители и заземлители	158
4.3	Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения	167
4.3.1	Обзор вакуумного коммутационного оборудования	167
4.3.2	Выбор оборудования по номинальным данным	168
4.3.3	Вакуумные выключатели	170
4.3.4	Вакуумные выключатели для переключения генераторов	175
4.3.5	Вакуумные выключатели наружной установки	176
4.3.6	Устройства автоматического повторного включения (АПВ)	177
4.3.7	Вакуумные контакторы	178
4.3.8	Комбинированное устройство контактор-предохранитель	179
4.3.9	Разъединители и выключатели-разъединители	182
4.3.10	Заземляющие ножи	183
4.4	Низковольтные устройства	184
4.4.1	Требования к низковольтным устройствам в трех типах цепей	184
4.4.2	Низковольтные защитные и коммутационные устройства	186
4.4.3	Подраспределительные системы	188
4.5	Ограничители перенапряжений	190
4.5.1	Высоковольтные ограничители перенапряжений	190
4.5.2	ОПН и ограничители среднего и низкого напряжения	192
4.6	Измерительные трансформаторы	195
4.6.1	Измерительные трансформаторы высокого напряжения	195
4.6.2	Силовые трансформаторы напряжения	202
4.7	Реакторы	210
4.8	Вводы	213
4.8.1	Высоковольтные вводы	213
4.9	Плавкие предохранители среднего напряжения	217
4.10	Полимерные длинностржевые изоляторы для воздушных ЛЭП	218
4.10.1	Длинностржевые полимерные изоляторы типа 3FL - высокие характеристики и надежность	218

4 Продукты и устройства

4.1 Высоковольтные выключатели

4.1.1 Выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 800 кВ

Выключатели являются главным устройством ОРУ и КРУЭ. Они должны соответствовать высоким требованиям к:

- Надежности при включении и отключении
- Отключающей способности при коммутации номинальных токов и токов КЗ даже после многих коммутационных операций
- Высокой отключающей способности, надежности и приводу, не требующему обслуживания.

Компания Сименс применяет при разработке своих выключателей самые современные технологии и многолетний опыт эксплуатации. Это позволяет выключателям Сименс соответствовать высоким требованиям к высоковольтным коммутационным аппаратам.

Система управления качеством сертифицирована по DIN EN ISO 9001. Она включает разработку, изготовление, сбыт, ввод в эксплуатацию и пост-продажное обслуживание. Испытательные лаборатории аккредитованы по EN 45001 и PEHLA/STL.

Модульный принцип

Выключатели для ОРУ являются отдельными устройствами и соединены со всеми прочими устройствами ОРУ.

Благодаря применяемому модульному принципу, все выключатели Сименс для ОРУ или КРУЭ изготавливаются из одних и тех же компонентов рис. 4.1-1):

- Дугогасительное устройство
- Привод
- Система герметизации
- Тяга привода
- Система управления

Дугогасительное устройство – принцип автокомпрессии

В выключателях компании Сименс с номинальным напряжением 72,5 – 800 кВ применяются дугогасительные камеры с автокомпрессией для обеспечения лучшей коммутационной способности во всех режимах и для всех уровней напряжения.

Выключатели с принципом автокомпрессии

Выключатели типа ЗАР для всех уровней напряжения обеспечивают оптимальное использование тепловой энергии дуги в контактном цилиндре. Это возможно благодаря дугогасительной камере с автокомпрессией.

Компания Сименс запатентовала этот способ гашения дуги в 1973 году. С тех пор компания Сименс продолжала развивать технологию дугогасительной камеры с автокомпрессией. Одной из инноваций этой технологии является использование энергии дуги для ее гашения. При отключении короткого замыкания, использование энергии дуги снижает механическую энергию привода, необходимую для размыкания контактов.

Это означает, что энергия привода действительно сведена к минимуму. Дугогасительное устройство с автокомпрессией позволяет использовать компактный пружинный привод, который обеспечивает практически неограниченную эксплуатационную надежность.

Пружинный привод – для всех выключателей

Привод является главным компонентом высоковольтного выключателя. Привод выключателей типа ЗАР основан на принципе запасания механической энергии в пружине. Применение такого типа привода для выключателей с номинальным напряжением до 800 кВ стало возможным благодаря разработке дугогасительной камеры с автокомпрессией, которой требуется минимальная энергия для задействования.

Пружинный привод обладает следующими преимуществами:

- Максимально высокая степень эксплуатационной безопасности: Простая и прочная конструкция с небольшим количеством подвижных деталей, использующая аналогичный принцип для номинальных напряжений от 72,5 кВ до 800 кВ. Благодаря автокомпрессионной конструкции дугогасительной камеры усилие привода должно быть минимальным.
- Длительный срок эксплуатации: минимальные усилия на защелке и подшипниках обеспечивают надежность и малый износ при передаче усилий.
- Привод не требует обслуживания: привод оснащен прямошестернями, что обеспечивает расцепление без нагрузок.

Выключатели Сименс с номинальным напряжением 72.5-800 кВ оснащены дугогасительными устройствами с автокомпрессией и пружинными приводами.

Для особых технических требований таких как токи отключения 80 кА, компания Сименс может предложить выключатели типа ЗАQ с двойным соплом или ЗАТ с электрогидравлическим приводом.

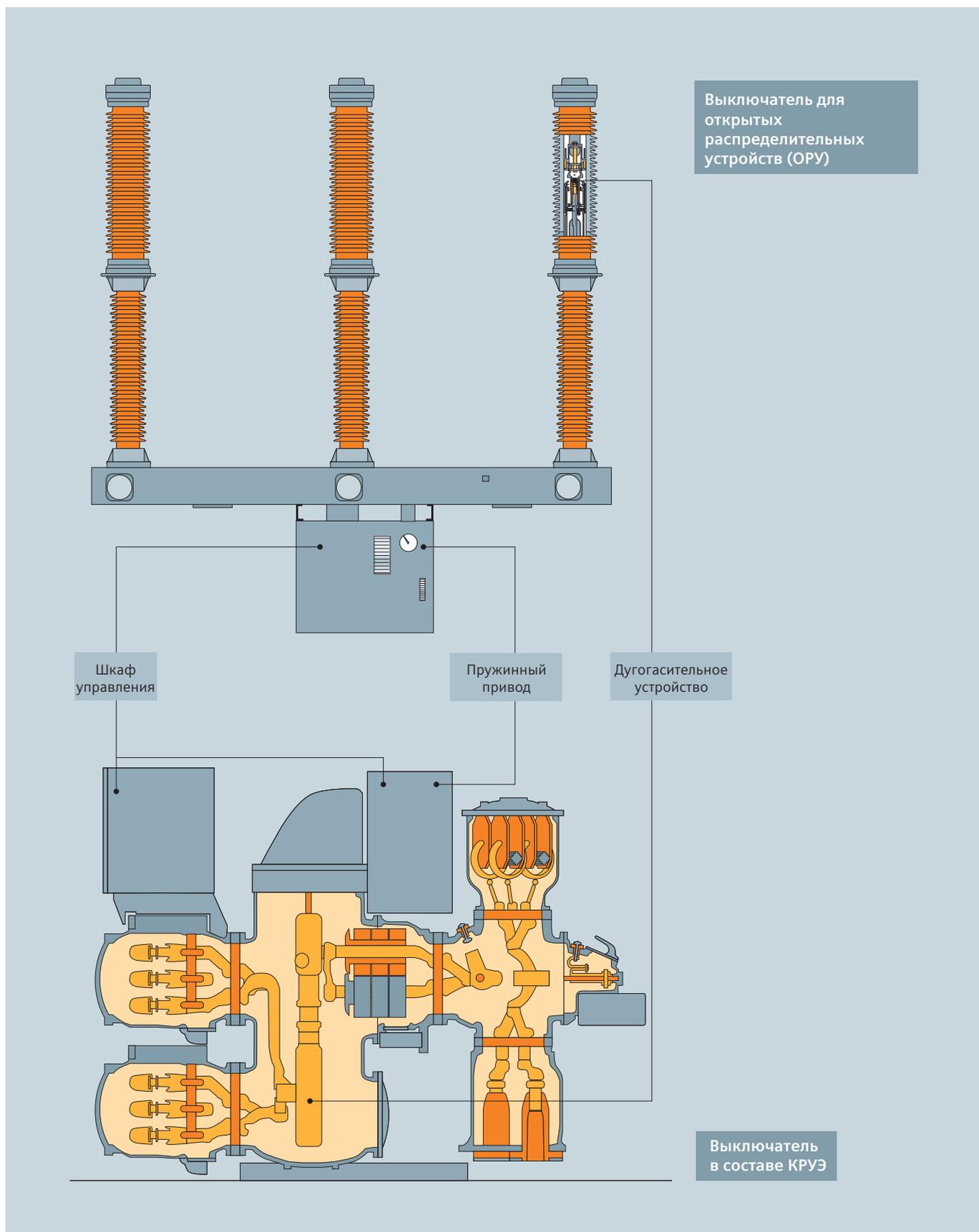


Рис. 4.1-1: Основные элементы выключателя: выключатель открытой установки (сверху), выключатель в составе КРУЭ (снизу)

Дугогасительное устройство: автокомпрессия

Главная контактная система

Главная контактная система состоит из держателя контактов (2), нагревательного цилиндра (7) и подвижного контактного цилиндра (6). В положении «ВКЛ», ток течет через главный контакт (4) и контактный цилиндр (6) (рис. 4.1-2).

Отключение номинальных токов

При отключении сначала размыкается главный контакт (4), и ток протекает через дугогасительный контакт, который все еще замкнут. Далее размыкается дугогасительный контакт (5) и между контактами возникает дуга. В тоже время, контактный цилиндр (6) движется внутрь нагревательного цилиндра (7) и сжимает элегаз, находящийся там. При этом создается поток газа через контактный цилиндр (6) и сопло (3) в направлении дугогасительного контакта, который гасит дугу.

Отключение токов КЗ

При отключении больших токов КЗ элегаз существенно нагревается под воздействие энергии дуги. Это приводит к росту давления в контактном цилиндре. Далее при отключении это повышенное давление создает поток газа через сопло (3), который гасит дугу. В этом случае энергия дуги использована для отключения тока КЗ. Таким образом, нет необходимости получать эту энергию от привода.

Основные особенности:

- Дугогасительное устройство с автокомпрессией
- Использование тепловой энергии дуги
- Минимальное потребление энергии
- Высокая надежность на длительный срок.

Привод

Пружинный привод

Выключатели Siemens с номинальным напряжением до 800 кВ оснащены пружинными приводами. Эти приводы используют тот же принцип, что применялся в выключателях Siemens низкого и среднего напряжения на протяжении десятилетий. Исполнение привода просто и надежно, при малом количестве подвижных частей и неподверженности защелки воздействию вибраций, оно обеспечивает высокую надежность. Все части привода, устройства управления и мониторинга и ряды клеммных зажимов расположены в компактном шкафу привода.

В зависимости от исполнения привода, энергия, необходимая для выполнения коммутационных операций, передается одному полюсу (при однополюсном исполнении выключателя) или трем полюсам (при трехполюсном исполнении).

Принцип действия привода с прямозубой шестеренкой и защелкой одинаков для всех типов выключателей (рис. 4.1-3 и 4.1-4). Различие между типами приводов заключается в количестве, размере и расположении включающих и отключающих пружин.

Основные особенности

- Простая и надежная конструкция, малое количество подвижных частей
- Привод не требует обслуживания
- Защелки не подвержены воздействию вибраций
- Отсоединение привода без усилий
- Простой доступ
- 10 000 коммутационных циклов

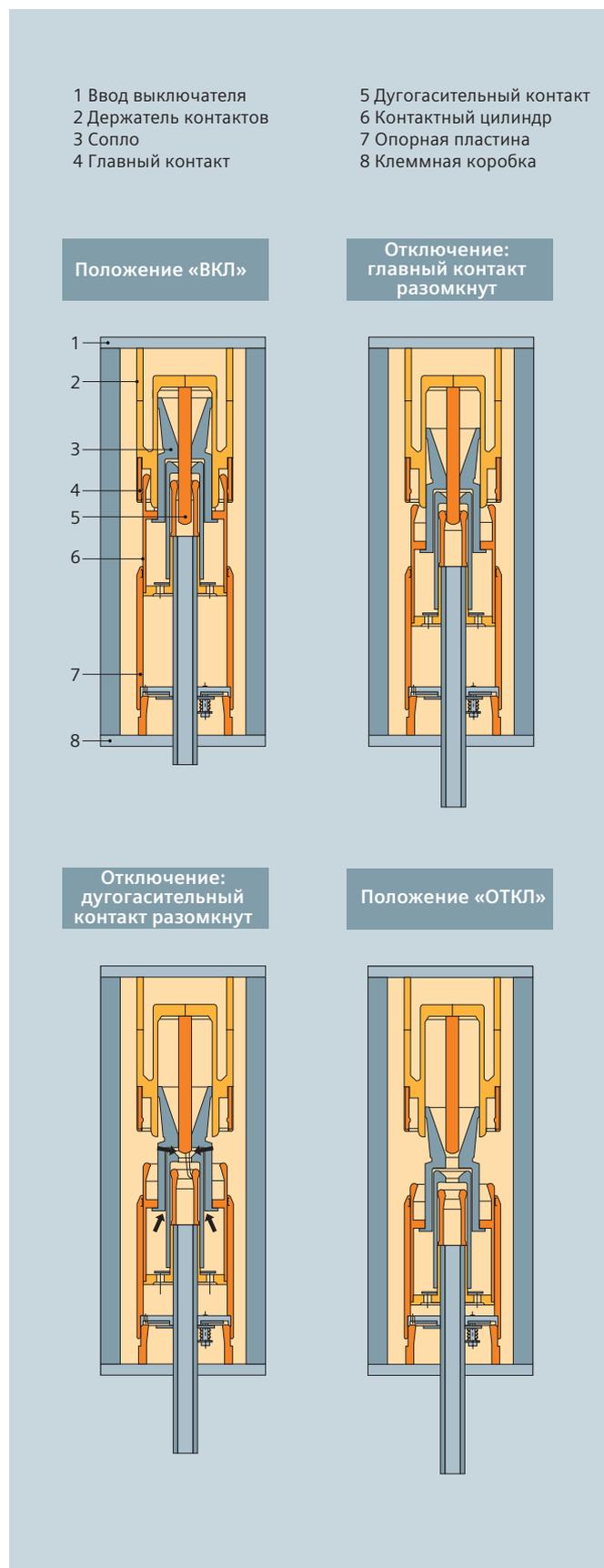


Рис. 4.1-2: Дугогасительное устройство

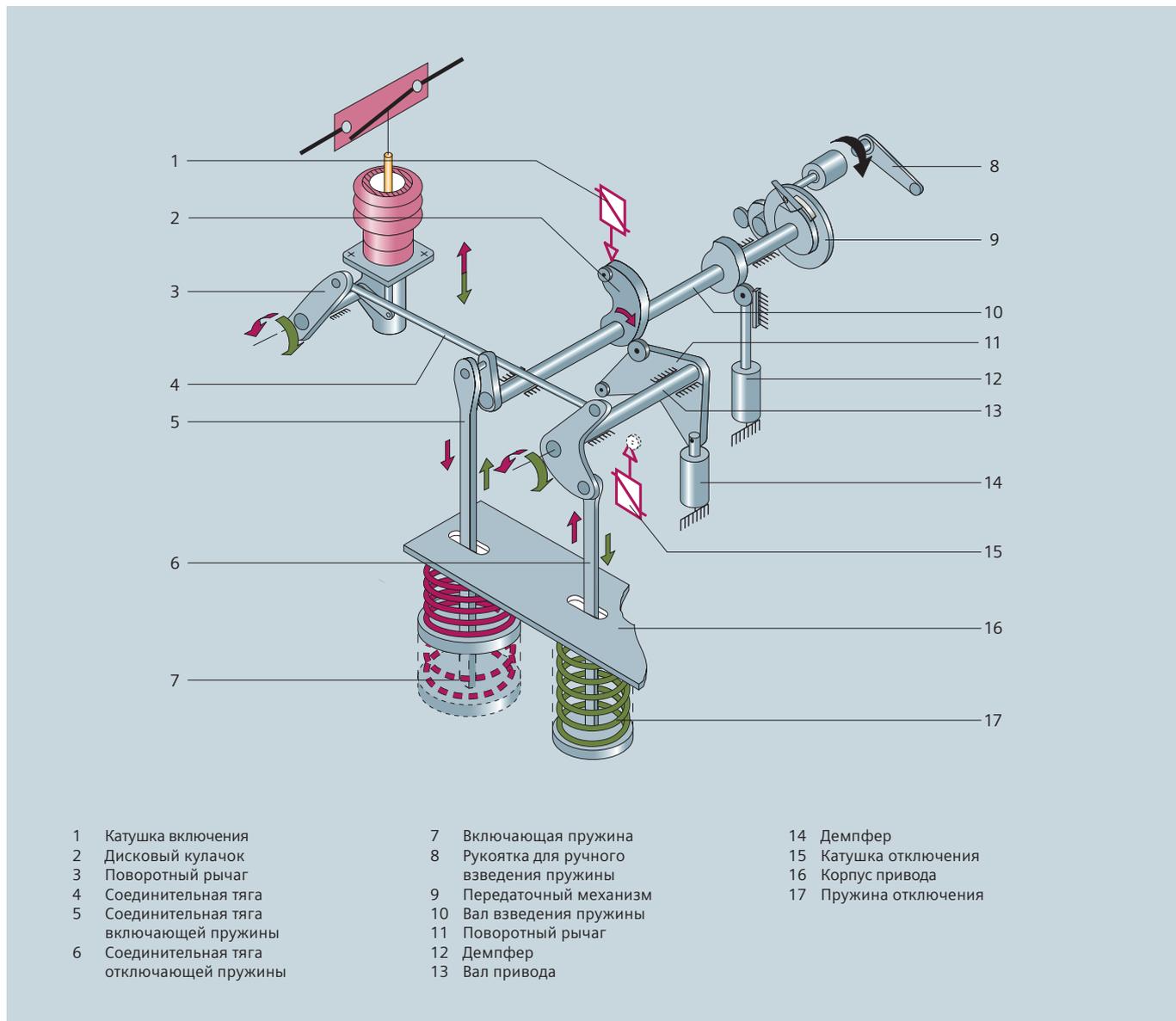


Рис. 4.1-3: Пружинный привод

В шкафу управления расположены все устройства, необходимые для управления и мониторинга, такие как:

- Манометры или датчики плотности элегаза
- Реле сигнализации и блокировки
- Счетчик коммутационных операций (опция)
- Органы местного управления выключателем (опция)
- Устройства антиконденсатного обогрева

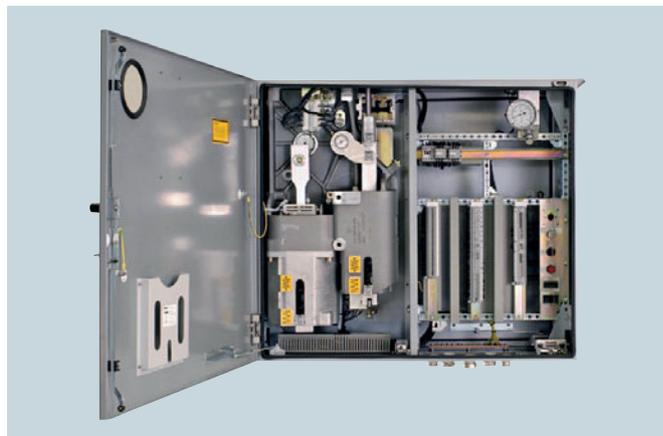


Рис. 4.1-4: Шкаф управления

4.1.2 Колонковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 800 кВ

Колонковые выключатели для ОРУ.

Дугогасительная камера колонкового выключателя не заземлена во время работы. Она находится под высоким напряжением, поэтому такие выключатели называются «live-tank».

Колонковые выключатели выпускаются для классов напряжения 72,5 – 800 кВ. Основными компонентами колонкового выключателя являются (рис. 4.1-5, 4.1-7, 4.1-8):

- Дугогасительная камера
- Пружинный привод
- Опорный изолятор
- Тяга привода
- Опорная конструкция
- Устройство управления

Выключатели типа ЗАР1 с номинальным напряжением до 300 кВ имеют одну дугогасительную камеру на полюс, выключатели типа ЗАР2 с номинальным напряжением до 550 кВ имеют две дугогасительные камеры на полюс. Выключатели с номинальным напряжением 362 и 550 кВ могут быть оснащены предвключаемыми резисторами (ЗАРЗ). Выключатели типа ЗАР4 имеют 4 дугогасительные камеры на полюс и так же могут быть оснащены предвключаемыми резисторами (ЗАР5).

Кроме того, наши выключатели изготавливаются в трехполюсном исполнении (FG) с опорной рамой (рис. 4.1-9), в однополюсном исполнении с общей опорной рамой (FE) и в однополюсном исполнении с отдельными опорными рамами (FI).

Выключатели Сименс безопасны в эксплуатации и способны выдерживать большие механические нагрузки. Фарфоровые изоляторы и применение при проектировании новейших математических методов позволяют выключателям выполнять свои функции на протяжении всего срока службы до 50 лет (таблица 4.1-1).

Простота конструкции и применение унифицированных деталей обеспечивают высокую надежность. Опыт Сименс, полученный из эксплуатации многих выключателей, применен для улучшения их конструкции. Дугогасительная камера с автокомпрессией, к примеру, доказала свою надежность в более, чем 10 000 выключателей по всему миру.

Колонковые вакуумные выключатели

Основываясь на сорокалетнем опыте производства более 3 миллионов вакуумных выключателей среднего напряжения, компания Сименс применяет эту проверенную технологию для сетей высокого напряжения.

К новому представителю линейки выключателей предъявляются те же высокие требования, что и к элегазовым выключателям, касающиеся высокой надежности в течение всего срока службы. Это выключатель изготовлен по нашей модульной схеме.

Новый вакуумный выключатель типа ЗАВ1 имеет следующие технические преимущества: высокую эксплуатационную надежность, отсутствие необходимости в обслуживании даже при частых коммутациях, а так же экологичность – гашение дуги происходит в вакууме, для изоляции применяется азот. Этот выключатель будет правильным выбором для проектов с широкой областью применения.

Полный набор испытаний по новейшей редакции IEC 62271-100 подтвердил надежность вакуумных выключателей с номинальным напряжением 72.5 кВ.



Рис. 4.1-5: Полюс выключателя 800 кВ типа ЗАР4

Опыт эксплуатации

Прототипы вакуумных выключателей Сименс уже были установлены на подстанциях в Европе. Несколько наших клиентов в Европе опробовали эти выключатели и поделились с нами опытом их эксплуатации. Фактически, к настоящему моменту были проведены и задокументированы несколько тысяч коммутационных операций (рис. 4.1-10).

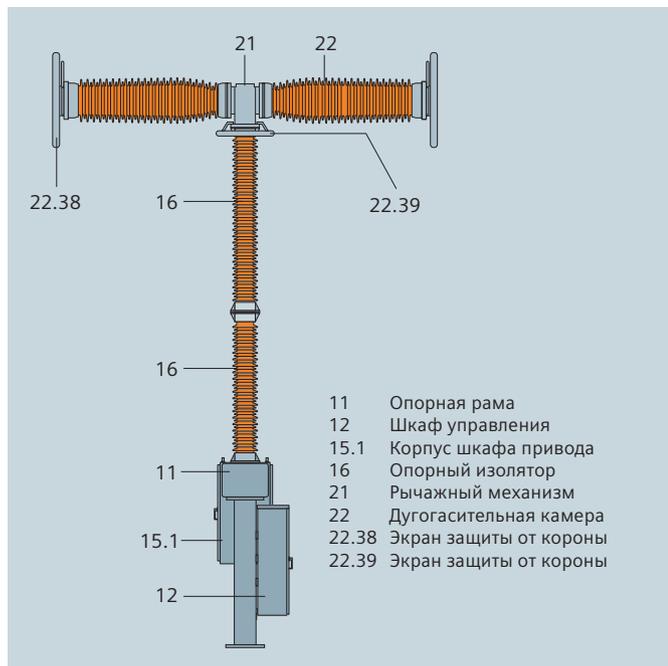


Рис. 4.1-6: Выключатель 550 кВ типа ZAP2FI

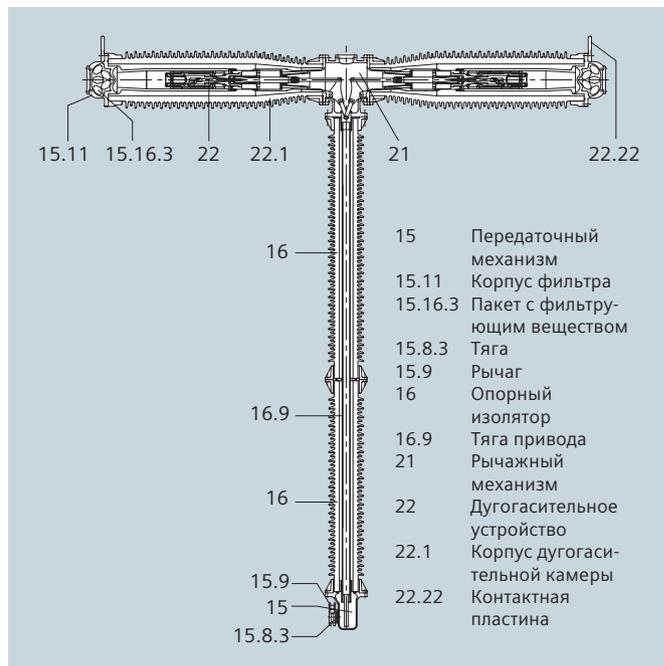


Рис. 4.1-7: Разрез полюса выключателя

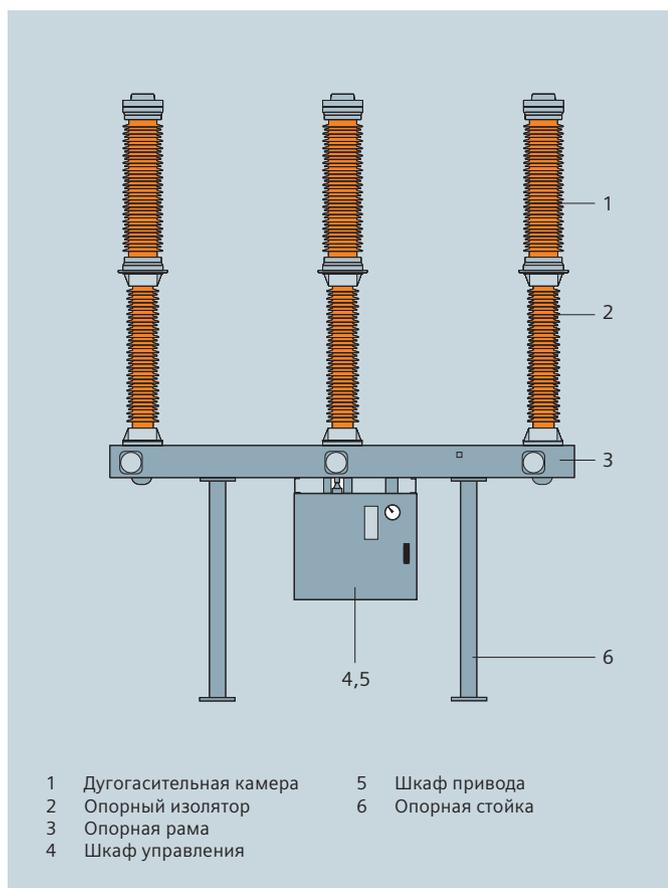


Рис. 4.1-8: Выключатель 145 кВ типа ZAP1 FG с 3-полюсным приводом



Рис. 4.1-9: Выключатель 145 кВ типа ZAP1 FG

Тип	ЗАР1					ЗАР2				ЗАР4	
	Номинальное напряжение [кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Количество дугогасительных камер на полюс	1					2				4	
Испытательное напряжение промышленной частоты [кВ]	140	230	275	325	460	460	520	610	800	830	
Испытательное 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, не более [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) [кА _(СКЗ)]	40	40	40	40	50	40	50	50	63	63	
Ток электродинамической стойкости [кА _(пик.знач.)]	108	108	108	108	135	108	170	170	170	170	
Номинальный ток отключения, не более [кА _(СКЗ)]	40	40	40	40	50	40	63	63	63	63	
Температурный диапазон [°C]	- 30 или - 40 ... + 40 или + 50										
Коммутационный цикл	0-0.3 с-BO-3 мин-BO или BO-15 с-BO										
Номинальное время отключения	3 цикла					2 цикла				50	
Номинальная частота [Гц]	50/60										
Напряжение цепей управления [В, DC]	48 ... 250										
Напряжение питания привода [В, DC]	48/60/110/125/220/250										
[В, AC]	120 ... 240, 50 Гц; 120 ... 280, 60 Гц										
Габариты	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
	длина [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	
Техническое обслуживания после	25 лет										

Значения согласно МЭК; другие значения по запросу

Таблица 4.1-1: Технические характеристики выключателей ЗАР1, ЗАР2 и ЗАР4

4.1.3 Баковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 500 кВ

Баковые выключатели

В отличие от колонковых выключателей, дугогасительное устройство баковых выключателей находится в металлическом корпусе (баке), который всегда заземлен. Поэтому они и называются баковыми. В некоторых случаях баковые выключатели могут быть предпочтительны при проектировании ПС вместо колонковых выключателей. Баковые выключатели обладают преимуществом, если для релейной защиты требуется несколько обмоток трансформаторов тока. Для таких решений Сименс предлагает баковые выключатели для различных уровней напряжения (рис. 4.1-11, 4.1-12, 4.1-13).

Наиболее важные характеристики баковых выключателей:

- Трансформаторы тока на вводах, обеспечивающие компактность конструкции
- Высокие токи отключения (до 63 кА при одном разрыве на полюс)
- Нет утечки тока вдоль дугогасительной камеры
- Малые импульсные нагрузки на основание
- Низкий центр тяжести, обеспечивающий сейсмическую устойчивость
- Смесь газов или система обогрева, применяемая для районов с холодным климатом
- Элегазовая изоляция, обеспечивающая максимальную функциональность при минимальном обслуживании
- Дугогасительное устройство в заземленном металлическом корпусе (баке).

Трансформаторы тока (ТТ)

Баковые выключатели могут быть оснащены трансформаторами тока, установленными на вводах, которые применяются для целей измерения и защиты. Трансформаторы тока соответствуют международным стандартам таким как IEC, ANSI и т.п. Трансформаторы тока устанавливаются в корпусе, защищенном от воздействия погодных факторов на обеих сторонах полюса выключателя в основании ввода. Вторичные цепи выводятся в шкаф трансформаторов тока. Стандартный корпус позволяет устанавливать до трех обмоток на одном вводе.

Баковые выключатели типа ЗАР DT безопасны в эксплуатации и могут выдерживать высокие нагрузки. Фарфоровые вводы высокой прочности и оптимизированная конструкция позволяют выключателям выдерживать воздействия землетрясений. Баковые выключатели работоспособны в диапазоне температур от -60 °С до +55 °С с изоляцией из чистого элегаза, что позволяет применять их во всех климатических зонах.

Как и в прочих выключателях, в наших баковых выключателях применяются модульная конструкция, дугогасительное устройство с автокомпрессией и пружинный привод. Это обеспечивает высокую коммутационную способность при отключении номинальных токов и токов короткого замыкания даже после множества коммутационных операций.



Рис. 4.1-10: Баковый выключатель 72.5 кВ типа SPS2



Рис. 4.1-11: Баковый выключатель 145 кВ типа ЗАР1



Рис. 4.1-12: Баковый выключатель 362 кВ типа SPS2 / ЗАР1

Типы баковых выключателей

Тип SPS2 и ЗАР DT

Выключатели типа SPS2 применяются в США и странах, где действуют стандарты ANSI, выключатели типа ЗАР DT предлагаются на рынках, где действуют стандарты IEC. Оба типа выключателей разработаны для применения в сетях с номинальным напряжением от 72,5 до 550 кВ (таблица 4.1-2), в 2012 году в линейке баковых выключателей появились два новых представителя с отключением двумя циклами на номинальное напряжение 245 и 362 кВ, они имели большой успех на рынке (рис. 4.1-13).

Конструкция

Баковые выключатели (кроме выключателей 550 кВ) состоят из трех одинаковых полюсов, установленных на одну раму. Усилие передается от пружинного привода через систему тяг и рычагов к подвижному контакту дугогасительного устройства.

Присоединение ВЛ и ошиновки осуществляется через вводы с элегазовой изоляцией. Изоляторы могут быть фарфоровыми или полимерными (трубка из стекловолокна, юбки изолятора из кремнийорганической резины).

Баки и вводы заполнены элегазом под давлением 6,0 бар. Элегаз является изолирующим и дугогасительным средством.

Выключатели типа ЗАР2/3 DT с номинальным напряжением 550 кВ (рис. 4.1-14, 4.1-15) имеют два последовательно соединенных дугогасительных устройства, что обеспечивает простоту конструкции. Проверенная система гашения дуги обеспечивает безотказное оперирование, гашение дуги и длительный срок эксплуатации даже при частых коммутациях.

Благодаря постоянным новым разработкам, оптимизации и контролю качества, дугогасительные камеры с автокомпрессией производства Сименс соответствуют всем требованиям к современному высоковольтному оборудованию.

В шкафу управления, установленном на выключателе, находятся пружинный привод и устройства управления выключателем. Дугогасительные устройства полюсов расположены в алюминиевых корпусах. Дугогасительные устройства используют принцип автокомпрессии.

Для баковых выключателей применяется пружинный привод того же типа, что и для колонковых выключателей типа ЗАР, КРУЭ и модулей DTC. Эта конструкция привода применяется уже в течение более, чем 10 лет, и это задокументированный рекорд надежной работы.

По заказу могут быть установлены до 4 (в особых случаях – до 6) трансформаторов тока на фазу. Трансформаторы тока устанавливаются вне бака выключателя и могут быть сняты без демонтажа вводов.

Технические характеристики		ЗАР1 DT / SPS2					ЗАР1 DT / SPS2
Тип		72.5	123	145	245	362	550
Номинальное напряжение	[кВ]	72.5	123	145	245	362	550
Испытательное напряжение промышленной частоты	[кВ]	140/ 160	230/260	275 / 310	460	520	800/860
Испытательное напряжение грозового импульса	[кВ]	325/350	550	650	1 050	1 380	1 865 / 1 800
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[кВ]	-	-	-	-	1 095	1 350
Номинальный ток, не более	[А]	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000 / 5 000
Номинальный ток отключения, не более	[кА]	40	40	63	63	63	63
Тип привода		Пружинный					

Таблица 4.1-2: Технические характеристики бакового выключателя

Привод выключателя

Для баковых выключателей типа SPS2 и ЗАР DT применяются пружинный привод типа FA. Включающая и отключающая пружины взведены для выполнения циклов «О-В-О». Защищенный от воздействия погодных факторов шкаф (степень защиты IP 55) имеет большую дверь, герметизированную с помощью резиновой прокладки для простого доступа при проверках и обслуживании. Для предотвращения образования конденсата предусмотрены вентиляционные отверстия, а так же система обогрева, которая выравнивает температуру внутри и снаружи шкафа.

Система управления имеет все необходимые компоненты, которые обычно применяют для этой цели. Вторичные обмотки трансформаторов тока так же выведены в шкаф.

Возможны различные варианты питания цепей управления, привода и обогрева. В зависимости от требований заказчика, доступны две стандартные версии системы управления.

Базовая версия

Базовая версия включает в себя все необходимые устройства контроля и мониторинга, необходимые для оперирования выключателем. Дополнительно к элементарным функциям имеются:

- 19 вспомогательных контактов (9 НО, 9 НЗ и 1 скользящий контакт)
- Счетчик операций
- Кнопки местного управления.

Компактная версия

Дополнительно к базовой версии имеются:

- Контроль взведения пружины по времени работы двигателя
- Контроль обогрева (по потребляемому току)
- Освещение и розетка для упрощения работ по обслуживанию
- Защита от перенапряжения
- Обогрев бака

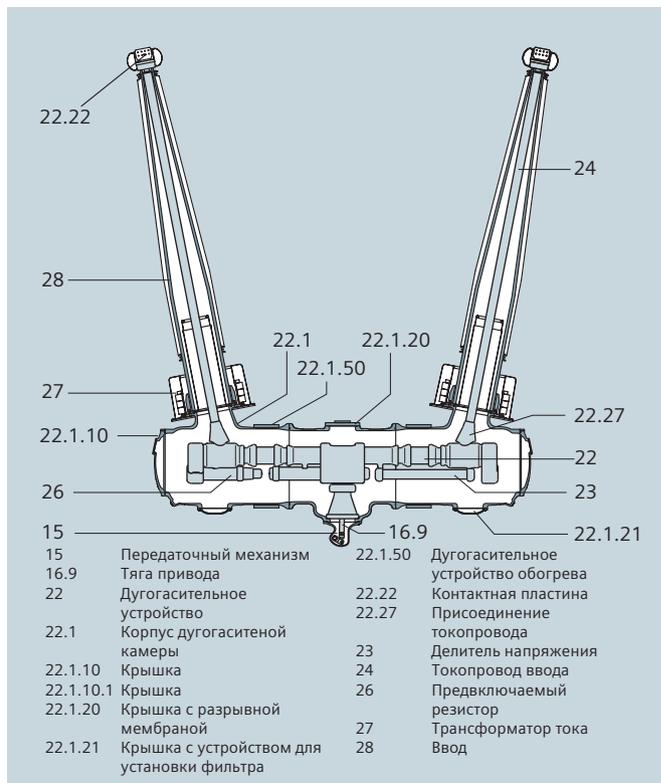


Рис. 4.1-13: Разрез полюса выключателя ЗАР2/3-DT



Рис. 4.1-14: Баковый выключатель 550 кВ типа ЗАР2 DT

Для получения дополнительной информации:
 Факс: +49 30 3 86-2 02 31
 Email: support.energy@siemens.com
 или circuit-breaker@siemens.com

4.1.4. Компактные коммутационные модули ДТС с номинальным напряжением до 245 кВ

Гибридный принцип

Гибридный принцип состоит в комбинации элементов с элегазовой изоляцией и элементов, устанавливаемых открыто. Применение компонентов с элегазовой изоляцией повышает надежность коммутационного аппарата. Согласно исследованию CIGRE, коммутационные аппараты с элегазовой изоляцией в металлическом корпусе в четыре раза более надежны, чем аппараты, устанавливаемые открыто. Процент применяемых элементов с элегазовой изоляцией в металлическом корпусе зависит от условий конкретной подстанции и бюджета, которым располагает эксплуатирующая организация. Это приводит к оптимизации инвестиций, а так же к возможности комбинировать элементы с элегазовой изоляцией и аппараты открытой установки.

Модульный принцип

Основные компоненты и устройства модулей ДТС используют модульный принцип, который так же применяется для высоковольтных выключателей, разъединителей и продуктов линейки КРУЭ производства Сименс.

Основными компонентами являются:

- Дугогасительное устройство с автокомпрессией выключателей типа ЗАР
- Пружинный привод
- Модуль разъединителя-заземлителя с элегазовой изоляцией из КРУЭ типа 8DN8
- Внешний заземлитель из продуктовой линейки разъединителей (рис. 4.1-15 и рис. 4.1-16).

Это позволяет предложить гибкие решения в соответствии с требованиями для различных подстанция (рис. 4.1-17, 4.1-18, 4.1-20):

- Выключатель с одно- или трехполюсным управлением
- Разъединитель, заземлитель или быстродействующий заземлитель
- Трансформаторы тока, напряжения и индикаторы напряжения
- Различные кабельные присоединения
- Вводы с фарфоровыми и полимерными изоляторами
- Дополнительное разделение газовых объемов с контролем давления в каждом
- Возможность комбинирования с отдельно стоящими аппаратами, например, модулей с трансформатором напряжения и разъединителем).

Основные параметры и характеристики

- Простота заполнения элегазом и контроля давления газа, один газовый объем (разделение газовых объемов – опционально)
- Гибкость при применении в стесненных условиях и при экстремальных условиях среды, например, при температуре окружающей среды до -55°C
- Однополюсное исполнение корпусов - при этом невозможно трехфазное внутреннее КЗ; быстрая замена одного полюса (полюс может быть поставлен как запасная часть)
- Безопасность может быть улучшена за счет разделения газовых объемов, например, выключателя и разъединителя.
- Собранный модуль можно перемещать с помощью автопогрузчика
- Быстрая установка и ввод в эксплуатацию: простая сборка модулей заводской готовности
- Малый объем работ по обслуживанию: первая серьезная проверка через 25 лет
- Срок службы не менее 50 лет
- Одно- или трехполюсное оперирование для модулей 145 и 245 кВ (рис. 4.1-19).

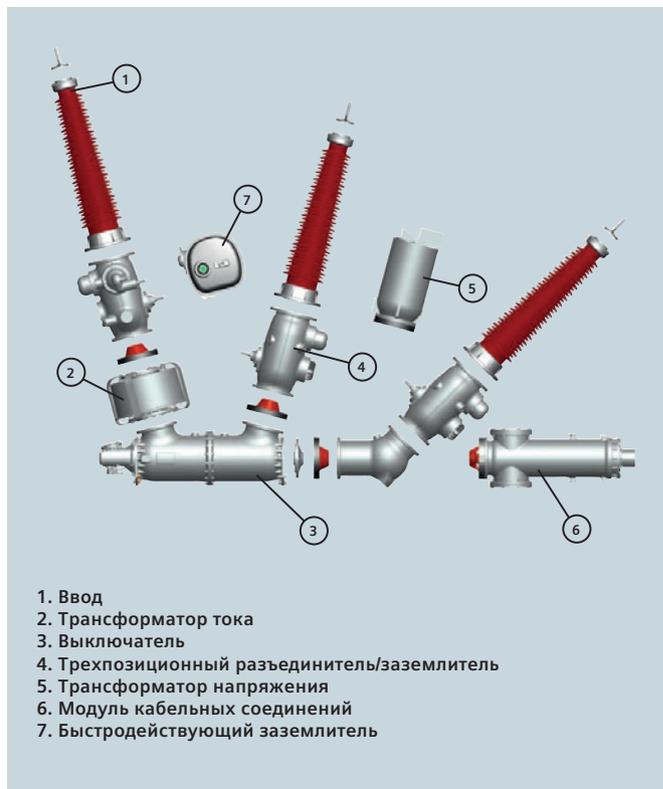


Рис. 4.1-15: Компоненты коммутационного модуля типа ЗАР1 ДТС



Рис. 4.1-16: Коммутационный модуль типа ЗАР1 ДТС 145 кВ

Дополнительные устройства

Для улучшения возможностей мониторинга компактных модулей могут быть использованы система индикации напряжения (VDS) и камера (SIVIS) производства Сименс.

Система индикации напряжения является экономичной альтернативой трансформатору напряжения, если нет необходимости измерять напряжение. Для одного модуля могут быть использованы до трех систем индикации напряжения. Эти системы устанавливаются непосредственно на разъединителях и заземлителях в составе модуля DTC и позволяют определить наличие напряжения на компактном модуле.

Камера позволяет быстро и просто определить коммутационное положение разъединителей и заземлителей. Камера совместима с существовавшими ранее индикаторами коммутационного положения. С помощью камеры эксплуатационный персонал может легко определить положение контактов разъединителей, заземлителей и быстродействующих заземлителей при обслуживании модулей, что дополнительно повышает его безопасность. В зависимости от требований заказчика камера может быть установлена постоянно или быть съемной.

Стандарты

В международном стандарте IEC 62271-205 приведены требования к комплектным распределительным устройствам с номинальным напряжением 52 кВ и выше. Для гибридных решений применяется название «смешанные распределительные устройства».

Наши компактные коммутационные модули прошли все типовые испытания в соответствии с указанным стандартом (рис. 4.1-3).

Мы располагаем одной из наиболее современных испытательных лабораторий, которая сертифицирована и является частью Сообщества европейских независимых испытательных лабораторий (PENLA). Кроме того, другие международные испытательные лаборатории (KEMA, CESI) подтверждают высокое качество наших выключателей).



Рис. 4.1-17: Компактное распределительное устройство ЗАР1 DTC для напряжений до 245 кВ

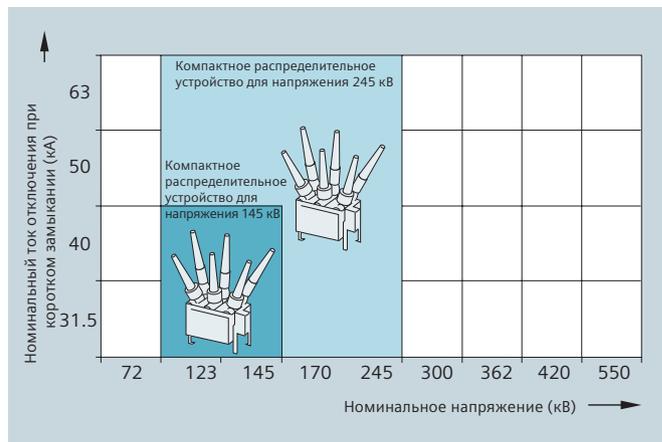


Рис. 4.1-18: Линейка коммутационных модулей типа ЗАР1 DTC



Рис. 4.1-19: Коммутационный модуль типа ЗАР1 DTC-145 с трансформатором напряжения и кабельным вводом

Компактное высоковольтное распределительное устройство	ЗАР1 DTC		
	145	245	
Номинальное напряжение	[кВ]	145	245
Номинальный ток	[А]	3 150	4 000
Номинальная частота	[Гц]	50/60	50/60
Испытательное напряжение грозового импульса	[кВ]	650	1050
Испытательное напряжение промышленной частоты	[кВ]	275	460
Ток термической стойкости (3 с)	[кА]	40	63
Ток электродинамической стойкости	[кА]	108	170

Таблица 4.1-3: Технические характеристики компактного коммутационного модуля ЗАР1 DTC

4.1.5. DCB – выключатель-разъединитель

Один аппарат – две функции

В распределительных устройствах должны иметься разъединители и выключатели.

Компания Сименс разработала коммутационный аппарат на основе силового выключателя, в котором разъединитель встроен в газовый объем, заполненный элегазом, в целях снижения воздействия на окружающую среду. Комбинированный коммутационный аппарат (выключатель-разъединитель) используется как выключатель и, дополнительно, разъединитель, т.е. совмещает две функции в одном устройстве (рис. 4.1-21, 4.1-23).

Выключатель-разъединитель был разработан на основе выключателей типа ЗАР и испытан в соответствии с требованиями IEC 62271-108 для разъединителей. Так модуль разъединителя находится в газовом объеме, видимый разрыв у такого аппарата отсутствует. Надежность кинематической цепи была тщательно проверена. Особое внимание было уделено разработке механической блокировки, которая обеспечивает невозможность включения выключателя пока включен разъединитель. Когда задействована эта механическая блокировка, выключатель включить невозможно (рис. 4.1-22). Так же имеются механические и электрические указатели коммутационного положения.

Дополнительно, на опорную металлоконструкцию может быть установлен заземлитель. Заземление обеспечивается заземлителем, контактная система которого не требует обслуживания.

Выключатель-разъединитель испытан на соответствие требованиям по классу М2 и С2 в соответствии со стандартом IEC 62271-108, специальным стандартом для комбинированных коммутационных аппаратов (таблица 4.1-4).

Совмещая преимущества наших продуктов, мы поставляем новый тип коммутационного аппарата, который отвечает высоким требованиям сетевых компаний к надежности, а так же позволяет сэкономить место и деньги.



Рис. 4.1-20: Выключатель - разъединитель 145 кВ

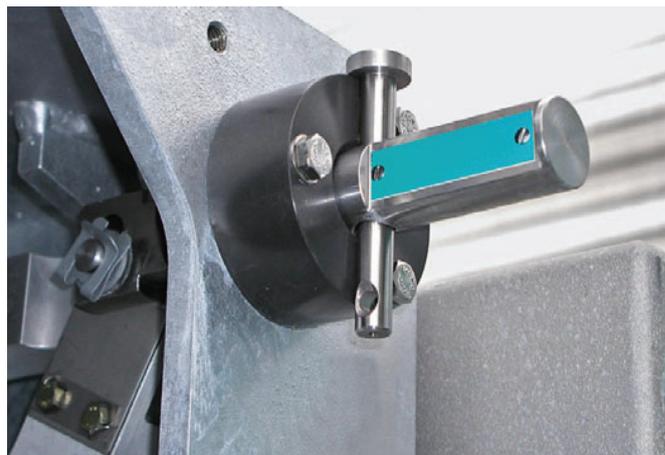


Рис. 4.1-21: Указатель состояния блокировки выключателя-разъединителя типа ЗАР2 DCB

		ЗАР1 DCB	ЗАР2 DCB
Номинальное напряжение	[кВ]	145	420
Количество дугогасительных камер на полюс		1	2
Испытательное напряжение промышленной частоты	[кВ]	275/315	520 / 610
Испытательное напряжение грозового импульса	[кВ]	650/750	1 425 / 1 665
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[кВ]	не нормируется	1 050 / 1 245
Номинальный ток	[А]	3 150	4 000
Номинальный ток отключения	[кА _{среднеквадр.}]	40 (31.5)	40
Диапазон рабочих температур *)	[°C]	-40 ... +40	-40 ... +40
Изоляционная среда		SF ₆	SF ₆
Класс выключателя		M2, C2	M2, C2
Класс разъединителя		ТИ2	ТИ2
Изоляторы		полимерные **)	полимерные
Дополнительный заземлитель		да	нет
Типовые испытания согласно		МЭК 62271-108	

*) Другие значения температуры окружающей среды по запросу **) Или фарфоровые

Таблица 4.1-4: Технические характеристики ЗАР DCB

Основные параметры и характеристики

- Максимальная надежность при применении продуктов компании Сименс
- Максимальная надежность благодаря длинным интервалам между работами по обслуживанию
- Экономичное решение, позволяющее сэкономить место при комбинировании разъединителя и выключателя в одном аппарате
- Минимальные затраты на транспортировку, обслуживание, установку и ввод в эксплуатацию, а так же на строительные работы (фундаменты, стальные конструкции, кабели и т.д.)
- Компактные блокировочные устройства и индикаторы коммутационного положения
- Возможность применения без заземлителя
- Исполнение с полимерными или фарфоровыми изоляторами.



Рис. 4.1-22: Выключатель-разъединитель 420 кВ

4.2 Высоковольтные разъединители

4.2.1 Разъединители и заземлители

Общая часть

Разъединители являются важной частью ОРУ, они обеспечивают видимый разрыв в электроустановках.

Современные технологии изготовления и инвестиции в наши производственные площадки по всему миру обеспечивают качество изделий в соответствии с высокими стандартами西门енс.

Разъединители西门енс соответствуют требованиям эксплуатирующих организаций к малым эксплуатационным затратам на всем протяжении срока службы при максимальной надежности и экономичности благодаря:

- Поставке отрегулированных и испытанных сборочных узлов
- Простоте установки и ввода в эксплуатацию
- Контактным системам и подшипникам, не требующим обслуживания
- Технической поддержке на протяжении всего срока службы
- Надежности контактной системы, доказанной десятками лет эксплуатации.

Важными особенностями являются:

- Отсутствие подпружиненных элементов в контактной системе – контактное нажатие создается только контактными пальцами
- Контакты, покрытые серебром, обеспечивают минимальное сопротивление контактной системы и не требуют смазывания
- Контактная система отрегулирована на заводе-изготовителе, дополнительная регулировка не требуется на всем сроке службы
- Разъединители работоспособны при обледенении с толщиной корки льда до 20 мм
- Первое обслуживание контактной системы – через 25 лет эксплуатации.

Надежность разъединителей и заземлителей西门енс на протяжении многих десятков лет обеспечивается полным циклом испытаний и контролем качества по DIN EN ISO 9001.

Горизонтально-поворотные разъединители

Горизонтально-поворотные разъединители являются наиболее распространенным типом разъединителей. На опорной раме разъединителя установлены привод разъединителя и два поворотных фарфоровых изолятора. Части контактной системы, которые установлены на поворотных изоляторах, соединяются посередине расстояния между изоляторами. Каждое поворотное основание состоит из двух высококачественных подшипников качения и рассчитан на большие механические нагрузки. Они не требуют смазывания и обслуживания на всем сроке службы (рис. 4.2-1).

Контактная система разъединителя состоит из малого количества деталей, благодаря чему ее сопротивление сведено к минимуму. Контактная система состоит из контактных кулачков и контактных пальцев, что обеспечивает постоянное контактное нажатие на протяжении десятков лет эксплуатации (рис. 4.2-2).



Рис. 4.2-1: Горизонтально-поворотный разъединитель



Рис. 4.2-2: Контактные пальцы и контактные кулачки

Пантографные разъединители

Контакты разъединителей этого типа расположены друг над другом. Обычно такие разъединители применяются для соединения двух систем шин, присоединения ВЛ или трансформатора к шинам.

Главные компоненты пантографного разъединителя показаны на рис. 4.2-3.

Геометрия пантографного разъединителя обеспечивает его оптимальное поведение при эксплуатации. Поворотные контактные внутри сочленений применяются для передачи тока между частями пантографа. Эти контакты способны выдерживать воздействие токов термической и электродинамической стойкости.

Пантографные разъединители работоспособны при обледенении с толщиной корки льда до 20 мм. Контактная система отрегулирована на заводе и не требует дополнительной регулировки на всем сроке службы.

Стойкость ножиц пантографа к воздействию токов КЗ препятствует отключению разъединителя при коротком замыкании. Так же, коммутационное положение не может измениться под воздействием внешних сил. В обоих коммутационных положениях поворотный рычаг в основании пантографа переходит через положение «мертвой точки».

Пантографные разъединители с номинальным напряжением от 123 до 362 кВ могут иметь трехполюсное управление. Все пантографные разъединители более высоких классов напряжения имеют только однополюсное управление.

Вертикально-рубящие разъединители

Разъединители этого типа имеют малые расстояния между фазами. Контактная система разъединителя при отключении поднимается вверх, благодаря чему требуются минимальные межфазные расстояния (рис. 4.2-4).

Контактная система совершает два вида движения:

- Движение вверх
- Вращение вокруг продольной оси.

Вращательное движение создает контактное нажатие и позволяет сломать корку льда при обледенении.

В обоих конечных положениях поворотный рычаг переходит через положение мертвой точки. Таким образом, разъединитель не отключится под воздействием токов КЗ и не включится под воздействием внешних сил.

Необходимое расстояние между опорным и вращающимся изолятором обеспечивает электрическую прочность изоляции при параллельной установке даже в условиях соляного тумана.

Установка и ввод в эксплуатацию выполняются легко и быстро, благодаря тому, что подвижная часть контактной системы является одним сборочным узлом, испытанным и отрегулированным на заводе.



Рис. 4.2-3: Части пантографного разъединителя

1. Ножицы пантографа
2. Основание пантографа
3. Опорный изолятор
4. Вращающийся изолятор
5. Привод



Рис. 4.2-4: Вертикально-рубящий разъединитель

Двухразрывные разъединители

Двухразрывные разъединители имеют три опорных изолятора. Средний изолятор установлен на поворотном основании, а применен вертикально-рубящих разъединителей невозможно. Эти разъединители выдерживают большие эксплуатационные нагрузки при компактном и надежном исполнении. Разъединитель так же может быть оснащен разрядником (рис. 4.2-5).

В основном такие разъединители применяются на подстанциях, где есть ограничение по расстоянию между фазами, а применение вертикально-рубящих разъединителей невозможно. Эти разъединители выдерживают большие эксплуатационные нагрузки при компактном и надежном исполнении. Разъединитель так же может быть оснащен разрядником (рис. 4.2-5).

Для уровней напряжения до 245 кВ, контактные пластины закреплены на концах контактных труб. Контактные пальцы являются частью неподвижных контактов. При таком исполнении контактная система выполняет два движения – в горизонтальной плоскости и вращательное. После завершения движения в горизонтальной плоскости контактное нажатие создается вращением контактной системы вокруг своей оси.

Полупантографные разъединители

Разъединители этого типа требуют минимальных габаритов по высоте и ширине. Полупантографный разъединитель имеет два неподвижных и один вращающийся изолятор. Благодаря тому, что контактная система этого разъединителя складывается посередине, требуется небольшое расстояние до токоведущих частей над ним, что в свою очередь приводит к снижению затрат (рис. 4.2-6).

Весьма компактное исполнение позволяет устанавливать эти разъединители в ЗРУ, на стенах и на потолке. Разъединители этого типа выпускаются для номинального напряжения до 800 кВ.

Заземлители

Применение заземлителей (рис. 4.2-7) обеспечивает полное обесточивание высоковольтного оборудования распределительного устройства.

Отдельно стоящие разъединители доступны для номинальных напряжений до 800 кВ. Заземлителями так же могут быть оснащены все разъединители Сименс.

В зависимости от требований эксплуатирующей организации, разъединители могут быть сразу оснащены заземлителями или дооснащены ими в процессе эксплуатации.

Дополнительно, все заземлители могут быть изготовлены таким образом, чтобы они могли коммутировать наведенные индуктивные и емкостные токи в соответствии с требованиями IEC 62271-201 (класс А или В).

Электродвигательные приводы типа 3DV8 и MA-6/7

Привод типа 3DV8 является стандартным, а привод типа MA-6/7 может быть поставлен опционально. Приводы типа MA-6/7 обладают следующими преимуществами:

- Привод механически отсоединен от разъединителя в конечном положении, что предотвращает повреждения разъединителя при ошибочном оперировании
- Очень надежный литой алюминиевый корпус.



Рис. 4.2-5: Двухразрывный разъединитель с разрядником



Рис. 4.2-6: Полупантографный разъединитель

Возможно так же ручное оперирование приводом при помощи рукоятки, которая находится в шкафу привода. При установке рукоятки для ручного оперирования автоматически происходит разрыв цепи питания привода. В шкафу привода имеется антиконденсатный обогрев (рис. 4.2-8).

Вспомогательный переключатель подобран в соответствии с редуктором обозначает коммутационное положение. Это обеспечивает безопасность выполнения коммутаций.

После того, как привод начинает работать, вспомогательный переключатель перестает отображать коммутационное положение (переходит в промежуточное положение). После этого разъединитель совершает движение до тех пор, пока не будет достигнуто конечное положение.

После этого вспомогательный выключатель снова изменяет положение и отображает текущее коммутационное положение разъединителя.

Такая работа вспомогательного выключателя обеспечивает, что коммутационное положение «ВКЛ» будет показано только после того, как разъединитель займет конечное положение и окажется устойчивым к воздействию токов КЗ и сможет проводить номинальный ток, а коммутационное положение «ОТКЛ» будет показано только после того, как контактная система займет конечное положение и будет достигнуто необходимое по условиям прочности изоляции расстояние между контактами.

Обзор параметров разъединителей Сименс приведен в таблицах 4.2-1 – 4.2-5.

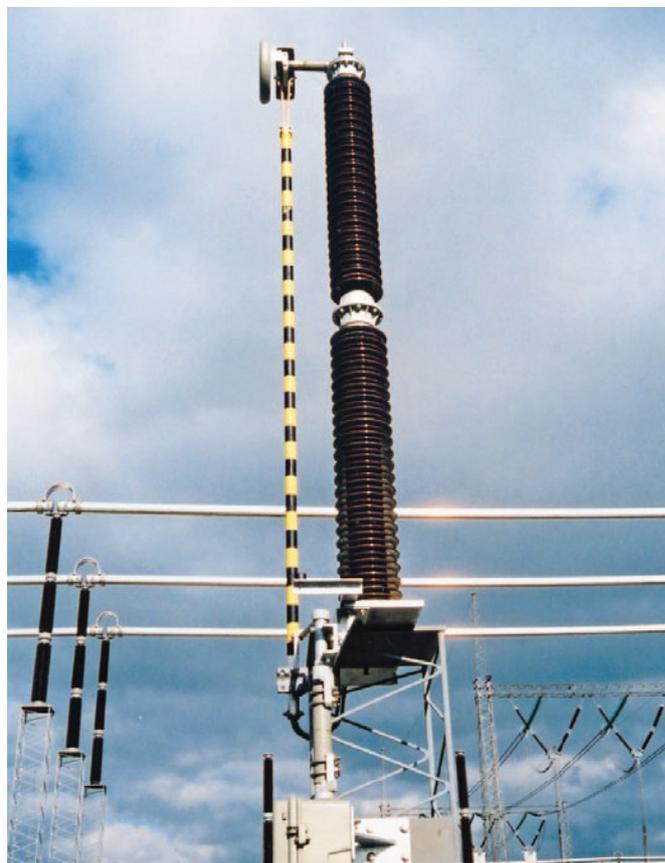


Рис. 4.2-7: Отдельно стоящий заземлитель



Стальной корпус, покрыт порошком цинка и окрашен (3DV8) / литой алюминиевый корпус (MA-6/7) (1) - степень защиты IP55, редуктор (2) с двигателем, элементы системы управления и вспомогательный выключатель (3)

Рис. 4.2-8: Электродвигательный привод

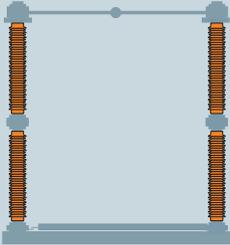
Технические параметры											
Тип разъединителя		Горизонтально-поворотный									
Номинальное напряжение		72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	
Испытательное напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин)											
Относительно земли	[кВ]	140	230	275	325	460	380	450	520	620	
Между контактами	[кВ]	160	265	315	375	530	435	520	610	800	
Испытательное напряжение грозового импульса 1.2/50 мкс											
Относительно земли	[кВ]	325	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550	
Между контактами	[кВ]	375	630	750	860	1 200	(+170)	(+205)	(+240)	(+315)	
Испытательное напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс											
Относительно земли	[кВ]	-	-	-	-	-	850	950	1,050	1,175	
Между контактами	[кВ]	-	-	-	-	-	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)	900 (+450)	
Номинальный ток	[А]	до 4 000									
Ток электродинамической стойкости	[кА]	до 160									
Ток термической стойкости	[кА]	до 63									
Длительность протекания тока термической стойкости	[с]	1/3									
Работоспособность при обледенении		Толщина корки льда - 20 мм									
Диапазон рабочих температур	[°С]	-60/+50									
Тип привода		Ручной / электродвигательный									
Напряжение цепей управления	[В, пост. ток]	60/110/125/220									
	[В, перем. ток]	220.230, 1~, 50/60 Гц									
Напряжение питания привода	[В, пост. ток]	60/110/125/220									
	[В, перем. ток]	110/125/220, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц									
Периодичность технического обслуживания		1 раз в 30 лет									

Таблица 4.2-1: Параметры горизонтально-поворотных разъединителей

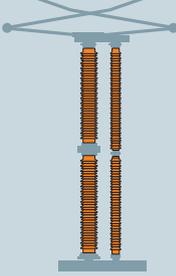
Технические параметры									
Тип разъединителя	Пантографный								
Номинальное напряжение	123	145	170	245	300	362	420	550	
Испытательное напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин)									
Относительно земли	[кВ]	230	275	325	460	380	450	520	620
Между контактами	[кВ]	265	315	375	530	435	520	610	800
Испытательное напряжение грозового импульса 1.2/50 мкс									
Относительно земли	[кВ]	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550
Между контактами	[кВ]	630	750	860	1 200	1 050 (+170)	1 175 (+205)	1 425 (+240)	1 550 (+315)
Испытательное напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Относительно земли	[кВ]	-	-	-	-	850	950	1 050	1 175
Между контактами	[кВ]	-	-	-	-	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)	900 (+450)
Номинальный ток	[А]	до 5 000							
Ток электродинамической стойкости	[кА]	до 200							
Ток термической стойкости	[кА]	до 80							
Длительность протекания тока термической стойкости	[с]	1/3							
Работоспособность при обледенении		Толщина корки льда - 20 мм							
Диапазон рабочих температур	[°С]	-60/+50							
Тип привода		Ручной / электродвигательный							
Напряжение цепей управления	[В, пост. ток]	60/110/125/220							
	[В, перем. ток]	220.230, 1~, 50/60 Гц							
Напряжение питания привода	[В, пост. ток]	60/110/125/220							
	[В, перем. ток]	110/125/220, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц							
Периодичность технического обслуживания		1 раз в 30 лет							

Таблица 4.2-2: Параметры пантографных разъединителей

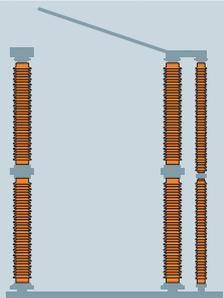
Технические параметры									
Тип разъединителя	Вертикально-рубящий								
Номинальное напряжение	123	145	170	245	300	362	420	550	
Испытательное напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин)									
Относительно земли [кВ]	230	275	325	460	380	450	520	620	
Между контактами [кВ]	265	315	375	530	435	520	610	800	
Испытательное напряжение грозового импульса 1.2/50 мкс									
Относительно земли [кВ]	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550	
Между контактами [кВ]	630	750	860	1 200	1 050 (+170)	1 175 (+205)	1 425 (+240)	1 550 (+315)	
Испытательное напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Относительно земли [кВ]	-	-	-	-	850	950	1 050	1 175	
Между контактами [кВ]	-	-	-	-	700 (+245)	800 (+295)	900 (+345)	900 (+450)	
Номинальный ток [А]	до 4 000								
Ток электродинамической стойкости [кА]	до 160								
Ток термической стойкости [кА]	до 63								
Длительность протекания тока термической стойкости [с]	1/3								
Работоспособность при обледенении	Толщина корки льда - 20 мм								
Диапазон рабочих температур [°С]	-60/+50								
Тип привода	Ручной / электродвигательный								
Напряжение цепей управления [В, пост. ток] [В, перем. ток]	60/110/125/220								
	220.230, 1~, 50/60 Гц								
Напряжение питания привода [В, пост. ток] [В, перем. ток]	60/110/125/220								
	110/125/230, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц								
Периодичность технического обслуживания	1 раз в 30 лет								

Таблица 4.2-3: Параметры вертикально-рубящих разъединителей

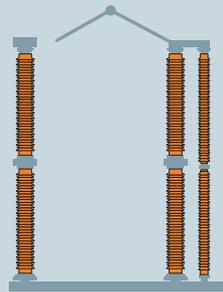
Технические параметры			
Тип разъединителя		Полупантографный	
Номинальное напряжение		123	550
Испытательное напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин)			
Относительно земли	[кВ]	230	620
Между контактами	[кВ]	265	800
Испытательное напряжение грозового импульса 1.2/50 мкс			
Относительно земли	[кВ]	550	1,550
Между контактами	[кВ]	630	1 550 (+315)
Испытательное напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс			
Относительно земли	[кВ]	-	1 175
Между контактами	[кВ]	-	900 (+450)
Номинальный ток	[А]	до 4 000	
Ток электродинамической стойкости	[кА]	до 100	до 160
Ток термической стойкости	[кА]	до 40	до 63
Длительность протекания тока термической стойкости	[с]	1/3	
Работоспособность при обледенении		Толщина корки льда - 20 мм	
Диапазон рабочих температур	[°С]	-60/+50	
Тип привода		Двигательный режим/Ручной режим	
Напряжение цепей управления	[В, пост. ток]	60/110/125/220	
	[В, перем. ток]	220.230, 1~, 50/60 Гц	
Напряжение питания привода	[В, пост. ток]	60/110/125/220	
	[В, перем. ток]	110/125/230, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц	
Периодичность технического обслуживания		1 раз в 30 лет	

Таблица 4.2-4: Параметры полупантографных разъединителей

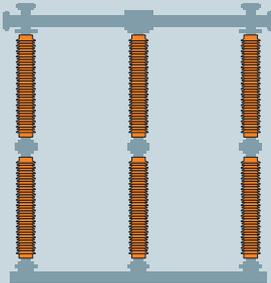
Технические параметры									
Тип разъединителя		Двухразрывный							
Номинальное напряжение		123	145	170	245	300	420	550	800
Испытательное напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин)									
Относительно земли	[кВ]	230	275	325	460	380	520	450	830
Между контактами	[кВ]	265	315	375	530	435	610	520	1 150
Испытательное напряжение грозового импульса 1.2/50 мкс									
Относительно земли	[кВ]	550	650	750	1 050	1 050	1 425	1 550	2 100
Между контактами	[кВ]	630	750	860	120	1 050 (+170)	1 425 (+240)	1 550 (+315)	2 100 (+455)
Испытательное напряжение коммутационного импульса 250/2500 мкс									
Относительно земли	[кВ]	-	-	-	-	850	1 050	1 175	1 550
Между контактами	[кВ]	-	-	-	-	700 (+245)	900 (+345)	900 (+450)	1 200 (+650)
Номинальный ток	[А]	до 4 000							
Ток электродинамической стойкости	[кА]	до 160							
Ток термической стойкости	[кА]	до 63							
Длительность протекания тока термической стойкости	[с]	1/3							
Работоспособность при обледенении		Толщина корки льда - 20 мм							
Диапазон рабочих температур	[°С]	-60/+50							
Тип привода		Ручной / электродвигательный							
Напряжение цепей управления	[В, пост. ток]	60/110/125/220							
	[В, перем. ток]	220.230, 1~, 50/60 Гц							
Напряжение питания привода	[В, пост. ток]	60/110/125/220							
	[В, перем. ток]	110/125/230, 1~, 50/60 Гц 220/380/415, 3~, 50/60 Гц							
Периодичность технического обслуживания		1 раз в 30 лет							

Таблица 4.2-5: Параметры двухразрывных разъединителей

Для более подробной информации свяжитесь с нами:
 Факс: +49 30 386 258 67
 Email: support.energy@siemens.com.

4.3 Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения

4.3.1 Обзор вакуумного коммутационного оборудования

Оборудование среднего напряжения применяется на электростанциях (в генераторах и электрических сетях) и распределительных трансформаторных подстанциях (коммунальных систем или крупных промышленных предприятий) первичного распределительного уровня. Трансформаторные подстанции получают питание от высоковольтных систем и преобразовывают его до среднего уровня напряжения. Оборудование среднего напряжения также используется во вторичных трансформаторных подстанциях или передаточных подстанциях (уровень распределения при низком напряжении), где энергия преобразуется от среднего к низкому напряжению и передается конечному потребителю.

Производственная линия коммутационных устройств среднего напряжения содержит (рис. 4-3-1):

- Выключатели
- Выключатели нагрузки
- Контактры
- Разъединители
- Выключатели-разъединители
- Заземлители

Требования

В ЗАМКНУТОМ состоянии коммутационное устройство должно обеспечивать минимальное сопротивление потоку нормальных токов и токов короткого замыкания. В РАЗОМКНУТОМ состоянии зазор между разомкнутыми контактами должен гарантированно выдерживать возникающие напряжения. Когда коммутационное устройство замкнуто или разомкнуто, все токоведущие части должны быть надлежащим образом заземлены и изолированы между фазами.

Коммутационное устройство должно быть в состоянии замкнуть цепь при появлении напряжения. Тем не менее, это условие распространяется на разъединители только в обесточенном состоянии, за исключением малых токов нагрузки.

Коммутационное устройство должно быть в состоянии разомкнуть цепь при прохождении тока. Это требование не распространяется на разъединители. Коммутационное устройство должно производить как можно меньше коммутационных перенапряжений.





Выключатели

Выключатели должны включать и отключать все токи в рамках своих номинальных характеристик, от небольших индуктивных и емкостных токов нагрузки до тока короткого замыкания, и это должно происходить при любых неисправностях в системе питания, включая замыкания на землю и противофазность. Выключатели наружной установки применяются аналогичным способом, однако при этом они также подвергаются атмосферным воздействиям.



Выключатели нагрузки

Выключатели нагрузки должны включать и отключать номинальные токи до их номинального рабочего тока, и быть в состоянии производить включение в условиях коротких замыканий (до их номинального тока включения короткого замыкания). Тем не менее, они не могут отключать любые токи короткого замыкания.



Контакторы

Контакторы – это прерывающие нагрузку устройства с ограниченной включающей и отключающей способностью. Они используются для обеспечения высоких скоростей коммутации, но не могут включаться и отключаться при токах короткого замыкания.



Разъединители

Разъединители используются для включения и отключения в условиях отсутствия нагрузки. Их функция заключается в “изоляции” последующего оборудования для обеспечения возможности работы с ним.



Выключатели-разъединители

Выключатель-разъединитель – это сочетание выключателя и разъединителя или выключателя с изолирующим промежуточком.



Заземлители

Заземляющие ножи заземляют изолированные цепи. Заземляющие ножи с индикатором включения безопасно заземляют цепи даже при наличии напряжения, т.е. даже в том случае, если заземляемая цепь была случайно не изолирована.

Рис. 4.3-1: Ассортимент средневольтных коммутационных устройств

4.3.2 Выбор оборудования по номинальным данным

Коммутационные устройства и все остальное оборудование должно выбираться в соответствии с системными данными, имеющимися на месте установки. Эти системные данные определяют номинальные характеристики компонентов (таблица 4.3-1)

Нормированный уровень изоляции

Номинальное напряжение изоляции – это диэлектрическая прочность от фазы к земле, между фазами и через зазор между разомкнутыми контактами или через изоляционный промежуток.

Диэлектрическая прочность – это способность электрических компонентов выдерживать все напряжения с определенной временной последовательностью до величины соответствующего выдерживаемого напряжения. Это может быть рабочее напряжение или более высокочастотное напряжение, вызванное коммутационными операциями, коротким замыканием на землю (внутреннее перенапряжение) или ударом молнии (внешнее перенапряжение). Диэлектрическая прочность проверяется испытанием на импульсное выдерживаемое напряжение при ударах молнии со стандартной импульсной волной 1.2/50 мкс и испытанием на выдерживаемое напряжение промышленной частоты (50 Гц / 1 мин).

Номинальное напряжение

Номинальное напряжение – это верхний предел самого высокого напряжения в системе, для которой предназначено устройство. Так как все высоковольтные коммутационные устройства, за исключением некоторых предохранителей, являются прерывателями нулевого тока, напряжение системы является наиболее важным критерием при определении габаритов. Оно определяет диэлектрическую прочность коммутационного устройства посредством восстанавливающегося напряжения и переходного восстанавливающегося напряжения, особенно при отключении.

Номинальный нормальный ток

Номинальный нормальный ток – это ток, который при определенных условиях главная цепь устройства может проводить непрерывно. При нагревании компонентов, особенно контактов, заданные значения не должны быть превышены. Допустимое повышение температуры всегда происходит вследствие воздействия температуры окружающего воздуха. Если устройство установлено в корпусе, нагрузка в полный номинальный ток может быть невозможна в зависимости от качества отвода тепла.

Нормированная амплитуда максимального выдерживаемого тока

Номинальный ток электродинамической стойкости – это пиковое значение первой крупной петли тока короткого замыкания во время процесса компенсации после начала передачи тока,

который аппарат может проводить в замкнутом состоянии. Это является мерой измерения электромагнитной (механической) нагрузки электрического устройства. Это значение не актуально для устройств с полной включающей способностью (см. пункт “Номинальный ток включения при коротком замыкании” далее в этом разделе).

Номинальный ток отключения

Номинальный ток отключения – это ток отключения нагрузки в условиях нормальной работы. Это значение не актуально для устройств с полной отключающей способностью (см. пункт “Номинальный ток отключения при коротком замыкании” далее в этом разделе).

Номинальный ток отключения при коротком замыкании

Номинальный ток отключения при коротком замыкании – это среднеквадратическое значение тока отключения в случае короткого замыкания на клеммах коммутационного устройства.

Номинальный ток включения при коротком замыкании

Номинальный ток включения при коротком замыкании – это пиковое значение тока включения в случае короткого замыкания на клеммах коммутационного устройства. Это воздействие превышает воздействие номинального тока электродинамической стойкости, так как динамическое воздействие может противодействовать движению контакта.

Стандарты

Коммутационные устройства, включая некоммутирующие элементы, регулируются национальными и международными стандартами.

Наименование компонента	Нормированный уровень изоляции	Номинальное напряжение	Номинальный нормальный ток	Нормированная амплитуда максимального выдерживаемого тока	Номинальный ток отключения	Номинальный ток отключения при коротком замыкании	Номинальный ток включения при коротком замыкании
Распределительные устройства							
Выключатель	■	■	■	-	-	■	■
Выключатель нагрузки	■	■	■	-	■	■ ¹⁾	■
Выключатель-разъединитель	■	■	■	-	■	-	■
Разъединитель	■	-	■	■	-	-	-
Заземлитель	■	-	-	■	-	-	-
Заземляющий нож с индикатором включения	■	■	-	-	-	-	■
Контактор	■	■	■	-	■	■ ¹⁾	■ ¹⁾
■ Влияет на выбор компонента - Не влияет на выбор компонента ¹⁾ Ограниченная включающая способность при коротком замыкании							

■ Влияет на выбор компонента - Не влияет на выбор компонента ¹⁾ Ограниченная включающая способность при коротком замыкании

Таблица 4.3-1: Таблица коммутационных устройств в соответствии с номинальными характеристиками

4.3.3 Вакуумные выключатели

Вакуумные выключатели Siemens среднего напряжения доступны для номинального напряжения до 36 кВ и номинальным током отключения при коротком замыкании до 72 кА (табл. 4.3-2). Их применение:

- Для универсальной установки во всех стандартных распределительных устройствах среднего напряжения
- Как 1-фазные и многофазные средневольтные выключатели для любых коммутационных характеристик в коммутационных устройствах для внутренней установки
- Для активных токов отключения, а также индуктивных и емкостных токов
- Для переключения генераторов
- Для переключения контактных линий (1-фазные выключатели для электроотягового оборудования).

Коммутационные характеристики

Коммутационные характеристики выключателя частично зависят от типа операционного механизма:

- Механизм для накопленной энергии
- Для синхронизации и быстрой передачи нагрузок
- Для автоматического повторного включения
- Пружинный механизм (пружина взведена в положении ВКЛЮЧЕНО, накопленная энергия высвобождается в положении ОТКЛЮЧЕНО) для нормального замыкания и размыкания.

Подробное описание коммутационных характеристик

Синхронизация

Время замыкания во время синхронизации настолько ограничено, что при соприкосновении контактов между системами всё еще присутствует достаточная синхронизация для параллельного соединения.

Быстрая передача нагрузок

Переключение потребителей на другую подводящую питающую линию без перерыва работы называется быстрой передачей нагрузок. Именно поэтому вакуумные выключатели с механизмами для накопленной энергии имеют очень короткое время замыкания и размыкания. Среди прочего, вакуумные выключатели для быстрой передачи нагрузок прошли испытания с операционной последовательностью О-3мин-ВО-3мин-ВО с номинальным током отключения при коротком замыкании согласно стандартам. Они контролируют даже последовательность операций О-0,3с-ВО-3мин-ВО с номинальным током отключения при коротком замыкании до 31,5 кА.

Автоматическое повторное включение (АПВ)

АПВ необходимо для воздушных линий. Оно позволяет удалять неустойчивые повреждения или короткие замыкания, вызванные, например, грозой, сильным ветром или животными. Даже при полном токе короткого замыкания для выполнения этой функции переключения вакуумные выключатели оставляют такую короткую бестоковую паузу между замыканием и размыканием, при которой период обесточивания практически незаметен для электропитания потребителей. В случае неудачного АПВ поврежденная линия передачи выключается окончательно. Для вакуумных выключателей с функцией АПВ в соответствии с МЭК 62 271-100 должна соблюдаться последовательность операций О-0,3с-ВО-3 мин-ВО, тогда как неудачное автоматическое повторное включение требует только последовательность О -0,3с-ВО.

АПВ в системах электроотяговых линий

Последовательность операций для проверки систем электроотяговых линий с помощью тестовых резисторов на отсутствие короткого замыкания после отключения вследствие короткого замыкания составляет О-15с-ВО.

Многократное повторное включение

Вакуумные выключатели также подходят для многократного повторного включения, что применимо, главным образом, в англоязычных странах. Требуется последовательность операций О-0,3с-ВО-15с-ВО-15с-ВО

Переключение трансформаторов

В вакуумных выключателях ток прерывания составляет только 2-3 А за счет специального используемого материала контактов, что означает отсутствие опасности перенапряжения при включении ненагруженных трансформаторов.

Отключение токов коротких замыканий

При отключении токов коротких замыканий в месте повреждения сразу за трансформаторами (в генераторах или токоограничивающих реакторах) сначала может появиться полный ток короткого замыкания, а затем начальная скорость нарастания переходного восстанавливающегося напряжения может подняться гораздо выше значений, указанных в стандарте МЭК 62 271-100. Она может составлять до 10 кВ/с, а при отключении коротких замыканий в устройствах после реакторов – даже выше. При таких нагрузках также могут использоваться и автоматические выключатели.

Переключение конденсаторов

Вакуумные выключатели специально предназначены для переключения емкостных цепей. Они могут отключить конденсаторы до максимальной емкости батареи без повторных зажигания, и, следовательно, без перенапряжения. Как правило, отключение емкостных токов тестируется до 400 А. Эти значения обычно устанавливаются испытательной лабораторией. Производственный опыт показал, что емкостные токи в среднем контролируются до 70% номинального рабочего тока выключателя. Когда конденсаторы соединены параллельно, могут возникнуть токи до тока короткого замыкания, что может представлять опасность для некоторых частей системы из-за их высокой скорости нарастания. Допустимы токи включения до 20 кА (пиковое значение); достижение более высоких значений может быть обеспечено по запросу.

Коммутация воздушных линий и кабелей

Когда ненагруженные воздушные линии и кабели отключены, относительно небольшие емкостные токи контролируются без повторных зажигания, и, следовательно, без перенапряжения.

Переключение двигателей

Когда малогабаритные высоковольтные электродвигатели останавливаются во время запуска, могут возникнуть коммутационные перенапряжения. Это касается высоковольтных двигателей с пусковым током до 600 А. Используя специальные ограничители перенапряжения, значения этих перенапряжений могут быть сведены до безвредных. Для отдельно компенсированных двигателей защитная цепь не требуется.

Переключение генераторов

Коммутационные перенапряжения могут возникнуть при использовании генераторов с током короткого замыкания < 600 А. В этом случае необходимо использовать ограничители или стабилизаторы перенапряжения.

Переключение цепей фильтров

Когда цепи фильтров или индуктивно-конденсаторные батареи отключены, нагрузка на вакуумный выключатель, вызываемая восстанавливающим напряжением, выше, чем при коммутации конденсаторов. Это связано с последовательным соединением индуктора и конденсатора и должно учитываться для расчета требуемого номинального напряжения при выборе вакуумного выключателя.

Переключение дуговых печей

В течение одного дня должно быть выполнено до 100 рабочих циклов. Лучшим выбором в этом случае станет вакуумный выключатель типа ЗАН4. Благодаря свойствам, которыми обладает цепь нагрузки, токи могут быть асимметричными и искаженными. Для предотвращения резонансных колебаний в печных трансформаторах необходимо использовать индивидуально настроенные цепи защиты сети.

Номинальный ток отключения при коротком замыкании	Номинальный нормальный ток	Номинальные напряжение и частота							
		7.2 кВ 50/60 Гц		12 кВ 50/60 Гц		15 кВ 50/60 Гц	17.5 кВ 50/60 Гц		
12.5 кА	800 А							SION	
	1250 А							SION	
13.1 кА	800 А				3АН5				
16 кА	800 А	SION		SION	3АН5			SION	
	1250 А	SION		SION	3АН5			SION	
20 кА	2000 А							SION	
	800 А	SION		SION	3АН5				
	1250 А	SION		SION	3АН5				
	2500 А				3АН5				
25 кА	800 А	SION		SION	3АН5			SION	3АН5
	1250 А	SION		SION	3АН5			SION	3АН5
	2000 А	SION		SION	3АН5			SION	
	2500 А			SION	3АН5			SION	3АН5
31.5 кА	800 А	SION		SION				SION	
	1250 А	SION		SION	3АН5	3АН4	3АН4	SION	3АН5
	2000 А	SION		SION	3АН5	3АН4	3АН4	SION	3АН5
	2500 А	SION		SION	3АН5			SION	3АН5
	3150 А								
40 кА	4000 А								
	1250 А	SION		SION		3АН4	3АН4	SION	3АК7
	2000 А	SION		SION		3АН4	3АН4	SION	3АК7
	2500 А	SION		SION		3АН4	3АН4	SION	3АК7
	3150 А	SION		SION		3АН4	3АН4	SION	3АК7
50 кА	4000 А								3АК7
	1250 А	3АН3	3АК7	3АН3	3АК7		3АН3	3АН3	3АК7
	2500 А	3АН3	3АК7	3АН3	3АК7		3АН3	3АН3	3АК7
	3150 А	3АН3	3АК7	3АН3	3АК7		3АН3	3АН3	3АК7
	4000 А	3АН3	3АК7	3АН3	3АК7		3АН3	3АН3	3АК7
	5000 А								
63 кА	6300 А								
	1250 А	3АН3		3АН3			3АН3	3АН3	
	2500 А	3АН3		3АН3			3АН3	3АН3	
	3150 А	3АН3		3АН3			3АН3	3АН3	
	4000 А	3АН3		3АН3			3АН3	3АН3	
	5000 А								
72 кА	6300 А								
	3150 А								
	4000 А								
	5000 А								
	6300 А								

Таблица 4.3-2: Ассортимент вакуумных выключателей

Номинальный ток отключения при коротком замыкании	Номинальный нормальный ток	Номинальные напряжение и частота						
		17.5 кВ 50/60 Гц	17.5 кВ 16 % Гц	24 кВ 50/60 Гц		27.5 кВ 50/60 Гц	36 кВ 50/60 Гц	
12.5 кА	800 А			SION				
	1250 А			SION				
13.1 кА	800 А							
16 кА	800 А			SION	3АН5			
	1250 А			SION	3АН5		3АН5	
20 кА	2000 А			SION				
	800 А			SION				
	1250 А			SION	3АН5			
	2000 А			SION	3АН5			
25 кА	2500 А			SION	3АН5			
	800 А			SION				
	1250 А			SION	3АН5	3АН4	3АН47	3АН5
	2000 А		3АН47	SION	3АН5	3АН4	3АН47	3АН5
31.5 кА	2500 А			SION	3АН5		3АН47	
	800 А							
	1250 А	3АН4					3АН47	3АН3
	2000 А	3АН4	3АН47				3АН47	3АН3
40 кА	2500 А						3АН47	3АН3
	3150 А							3АН3
	4000 А							3АН3
	1250 А	3АН4						3АН3
	2000 А	3АН4						3АН3
	2500 А	3АН4	3АН47	3АН3		3АН4		3АН3
50 кА	3150 А	3АН4						3АН3
	4000 А							3АН3
	1250 А							3АН3
	2500 А		3АН47					3АН4
	3150 А	3АН38		3АН3	3АН38			
	4000 А	3АН38		3АН3	3АН38			
63 кА	5000 А	3АН37			3АН37			
	6300 А	3АН37			3АН37			
	8000 А	3АН37			3АН37			
	1250 А							
	2500 А							
	3150 А	3АН38			3АН38			
72 кА	4000 А	3АН38			3АН38			
	5000 А	3АН37			3АН37			
	6300 А	3АН37			3АН37			
	8000 А	3АН37			3АН37			
	3150 А	3АН38			3АН38			
	4000 А	3АН38			3АН38			
72 кА	5000 А	3АН37			3АН37			
	6300 А	3АН37			3АН37			
	8000 А	3АН37			3АН37			
	8000 А	3АН37			3АН37			



Ассортимент выключателей		
SION	<p>Стандартный выключатель для различных сфер применения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Доступен в стандартной комплектации или как готовый съемный модуль ▪ До 30 000 рабочих циклов ▪ Возможен вариант для модернизации 	
ЗАН5	<p>Стандартный выключатель малой переключающей способности</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ До 10 000 рабочих циклов. 	
ЗАН3	<p>Выключатель высокой переключающей способности:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 63 кА ▪ Номинальный нормальный ток до 4000 А ▪ До 10 000 рабочих циклов 	
ЗАН4	<p>Выключатель для большого количества рабочих циклов, например, для переключения дуговых печей:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ До 120 000 рабочих циклов ▪ Номинальный нормальный ток до 4000 А ▪ Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 40 кА 	
ЗАН37/ЗАН38	<p>Выключатель для генераторов и устройств, работающих при больших токах</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 72 кА (в соответствии со стандартом IEEE C37.013) ▪ Номинальный нормальный ток до 6 300 А ▪ До 10 000 рабочих циклов ▪ Конструкция сегрегации фаз до 24 кВ, 80 кА, 12 000 А ▪ до 24 кВ, 90 кА, 6 300 А 	
ЗАН47	<p>Выключатель для применения в тяговых системах</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Частота сети 16%, 25, 50 или 60 Гц ▪ 1-полюсный или 2-полюсный ▪ До 60 000 рабочих циклов 	
ЗАК7	<p>Компактный, малогабаритный выключатель для генераторов и устройств, работающих при больших токах</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 40 кА (в соответствии со стандартом IEEE C37.013) ▪ Номинальный нормальный ток до 4 000 А 	

Таблица 4.3-3: Различные типы вакуумных выключателей

4.3.4 Вакуумные выключатели для переключения генераторов

В многочисленных электростанциях по всему миру выключатель типа ЗАН38 для генераторов и устройств, работающих при больших токах, стал стандартом для коммутации номинальных рабочих токов до 4 000 А.

Выключатели имеют модульную конструкцию, которая позволяет использовать лучшие материалы для цепи тока, магнитного потока и охлаждения. Таким образом, выключатели ЗАН37/38 объединяют в себе такие функции, как низкое сопротивление главной цепи, высокая механическая прочность и идеальное охлаждение.

Выключатель ЗАН37 является первым в мире вакуумным выключателем на 72 кА, который прошел типовые испытания в соответствии с критериями для генераторных выключателей, установленных в стандарте IEEE C37.013. Вакуумный выключатель ЗАН37 для генераторов и устройств, работающих при больших токах, имеет классическую конструкцию, а его значения рабочих токов может быть увеличено до 6300 А на постоянной основе и до 24 кВ без принудительного охлаждения. С принудительным охлаждением выключатель ЗАН37 способен проводить рабочие токи до 8000 А.

Для переключения генераторов с сегрегацией фаз вакуумные выключатели разрабатываются для обеспечения полюсной синхронности. Они были протестированы с мощностью до 80 кА при бесперебойном токе 12 000 А и 90 кА.

Преимущества при ежедневной эксплуатации:

- Высокая механическая стабильность благодаря вертикальной конструкции
- Компактные размеры благодаря вертикальному расположению дугогасительных камер
- Низкая пожарная нагрузка благодаря отсутствию необходимости в твердой изоляции
- Высокий нормальный ток возможен без принудительного охлаждения благодаря свободной конвекции также и при горизонтальной установке
- Вторичное оборудование может быть с легкостью модернизировано
- Технического обслуживания не требуется в течение всего срока службы
- Подходит для горизонтальной и вертикальной установки

Выключатели ЗАК, ЗАН37 и ЗАН38 прошли типовые испытания согласно стандарту IEEE C37.013

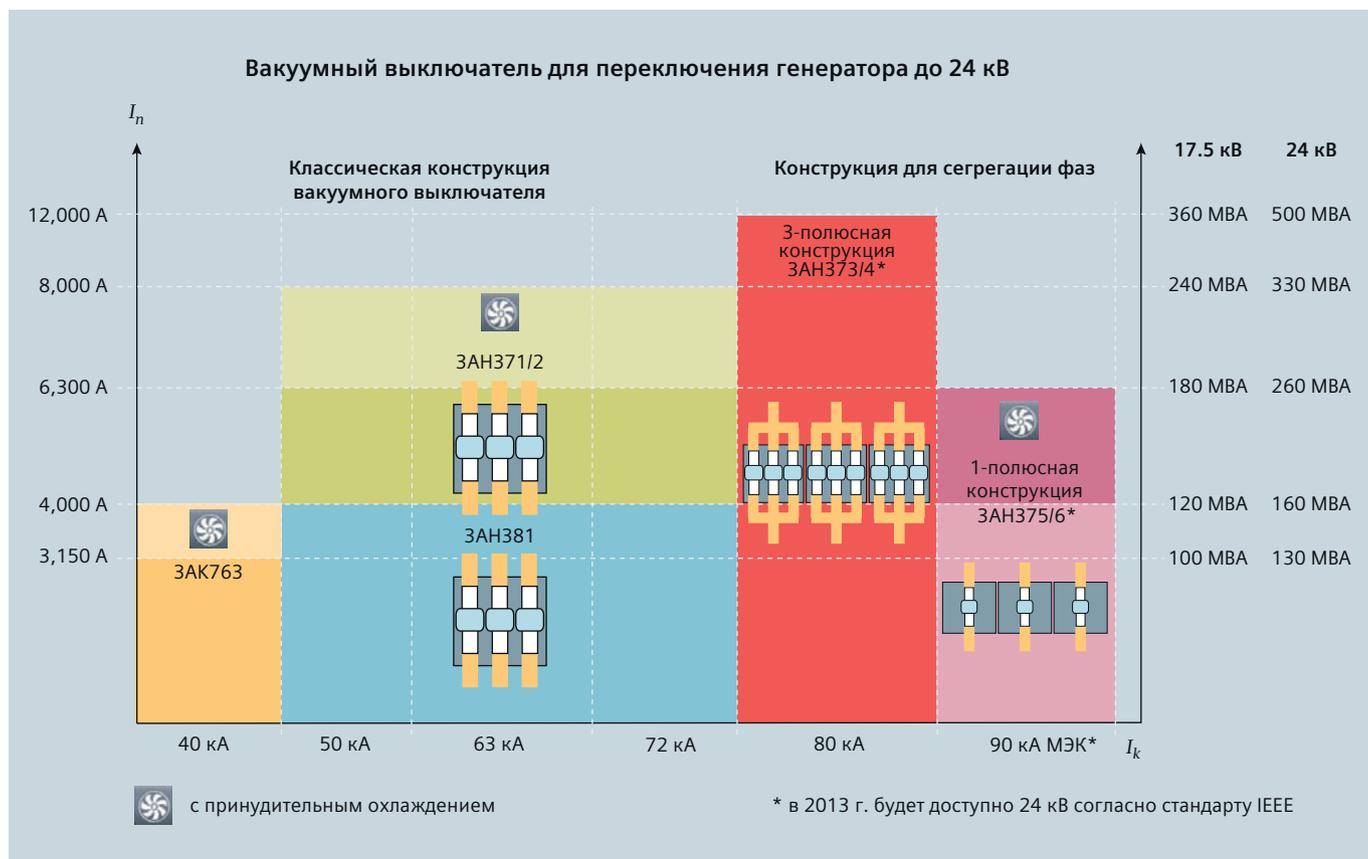


Рис. 4.3-2: Вакуумный выключатель для переключения генератора до 24 кВ

4.3.5 Вакуумные выключатели наружной установки

Вакуумные выключатели наружной установки выполняют те же функции, что и выключатели для установки в помещениях (таблица 4.3-3), и имеют аналогичный ассортимент. Благодаря специальной конструкции они являются предпочтительными для использования в энергосистемах с большим количеством воздушных линий. При использовании вакуумных выключателей наружной установки нет необходимости предусматривать закрытые служебные места для их установки.

Простая конструкция включает минимальное количество подвижных деталей, что обеспечивает долгий срок службы электрических и механических элементов. В то же время, эти выключатели обладают всеми преимуществами выключателей, предназначенных для установки внутри помещения.

В выключателях с дугогасительной камерой (рис. 4.3-3) вакуумные дугогасительные камеры расположены в климатозащищенном изолированном корпусе (например, керамическом). Вакуумная дугогасительная камера имеет электрический потенциал, т.е. находится под напряжением.

Важной характеристикой технологии заземлённого корпуса является расположение вакуумных дугогасительных камер в заземленном металлическом корпусе (рис. 4.3-4).

Ассортимент вакуумных выключателей для наружной установки приведен в таблице 4.3-4.



Рис. 4.3-3: Выключатель с дугогасительной камерой



Рис. 4.3-4: Выключатель с заземлённым корпусом

Тип	Ассортимент вакуумных выключателей для наружной установки			
	ЗАГ01 / ЗАФ01 / ЗАФ03	ЗАФ04 / ЗАФ05 для тяговых сетей переменного тока	SDV6/SDV7	SDV7M
Номинальное напряжение	12 - 40,5 кВ	27,5 кВ	15,5 - 38 кВ	15,5 - 27,6 кВ
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	28 - 70 кВ	95 кВ	50 - 80 кВ	50 - 60 кВ
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение	75 - 200 кВ	200 кВ	110 - 200 кВ	110 - 150 кВ
Номинальный нормальный ток	1250 - 2500 А	2000 А	1200 - 3000 А	1200 - 2000 А
Номинальный ток отключения при коротком замыкании	20 - 31,5 кА	31,5 кА	20 - 40 кА	20 - 25 кА
Количество полюсов	3	1 или 2	3	3
Операционный механизм	Пружина	Пружина	Пружина	Магнит
Конструктивное исполнение	Бак под напряжением	Бак под напряжением	Заземленный корпус	Заземленный корпус

Таблица 4.3-4: Ассортимент вакуумных выключателей для наружной установки

4.3.6 Устройства автоматического повторного включения (АПВ)

Вакуумные АПВ обеспечивают надежную защиту воздушных линий, повышая тем самым надежность распределительной сети. В основе системы находится контроллер, который обеспечивает высокий уровень защиты, простоту и высокую эффективность работы.

До 90% неисправностей в сетях воздушных линий носят временный характер. В случае неисправности вакуумный АПВ размыкается и прерывает ток замыкания. После нескольких циклов он включается повторно и остается замкнутым, если переходные неисправности устранены. Этот цикл выполняется до пяти раз, чтобы вернуть линию в работу до того, как устройство, в конце концов, заблокируется в случае возникновения устойчивой неисправности сети.

Вакуумные АПВ компании Siemens можно легко установить на любом участке воздушных линий, так что сетевые операторы могут выбрать удобное для этих устройств место. АПВ будут параметризованы для последовательной защиты питающей линии в любых звездообразных, кольцевых или узловых сетях.

Добавленные характеристики для бесперебойной работы:

- Передовая технология вакуумного переключения
- Сложная система твердой эпоксидной изоляции со встроенными датчиками
- Магнитный привод с двойной катушкой низкого энергопотребления
- Усовершенствованный контроллер Siemens
- Климатозащищенный шкаф управления
- Надежная работа благодаря самодиагностике и режиму ожидания.

Контроллер

Контроллер (рис. 4.3-5) – “мозг” АПВ – включает в себя индикаторы и элементы управления, интерфейсы связи и USB-порт для удобного подключения к ноутбуку. Доступ к пользовательскому уровню защищен многоуровневой аутентификацией пользователя по паролю. Контроллер установлен в шкафу, в котором также имеется дополнительный источник питания и блок ИБП с резервированием от аккумуляторной батареи, предохранители и разъем общего назначения для питания ноутбука.

Контроллер выполняет функции комплексной защиты, а именно:

- Замыкание на землю и чувствительный детектор замыкания на землю с максимальной токовой защитой с выдержкой времени (с независимой и обратозависимой выдержкой времени)
- Торможение при бросках тока намагничивания
- Сброс нагрузки.

Другие свойства контроллера:

- Большое количество входов и выходов для использования потребителем
- Дополнительные модули связи для передачи данных
- Функции самоконтроля и измерений.

Блок коммутации

Блок коммутации (рис. 4.3-6) содержит интегрированные трансформаторы тока, а также, в качестве опции, датчики напряжения. Он состоит из одного или трех полюсов, а также корпуса привода. Полюса изготовлены из устойчивой к климатическим воздействиям эпоксидной смолы, которая охватывает вакуумную дугогасительную камеру. Камера соединяется с магнитным приводом посредством переключающего стержня.

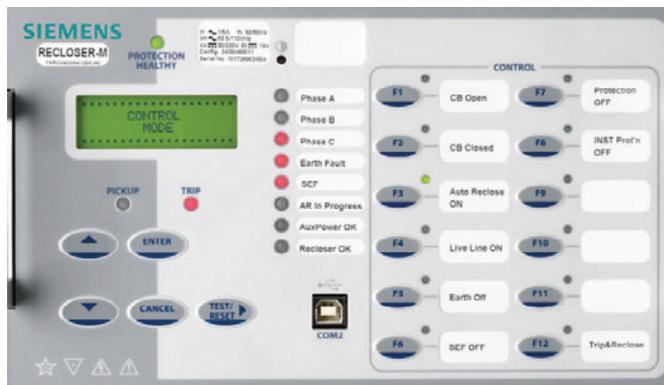


Рис. 4.3-5: Контроллер Argus-M



Рис. 4.3-6: Вакуумный АПВ со шкафом и контроллером

Из корпуса привода выступает ручка механической блокировки, которая позволяет выполнять механическое отключение и блокировку. Пока эта ручка находится в выдвинутом положении, блок нельзя закрыть ни электрически, ни механически. Для активации блока блокировку ручки необходимо сбросить вручную.

Для операций переключения в открытых кольцевых сетях (т.н. контур автоматизации) имеются АПВ с датчиками напряжения на обеих сторонах (со стороны источника и нагрузки). В разомкнутом состоянии они способны по отдельности обнаруживать напряжение по обе стороны АПВ.

Под корпусом находится индикатор положения. Благодаря своим размерам и применению отражающих материалов индикатор хорошо заметен с земли, а коммутационное состояние можно точно определить даже в ночное время.

Номинальный рабочий ток	от 400 А до 800 А
Номинальное напряжение в соотв. с ANSI C37-60	12 кВ; 15,5 кВ; 27 кВ; 38 кВ
Ток отключения при коротком замыкании	12,5 кА; 16 кА
Импульсное выдерживаемое напряжение при ударах молнии	от 95 кВ до 190 кВ
Количество рабочих циклов	10 000
Количество операций в режиме короткого замыкания	до 200
Количество фаз	трехфазный, однофазный; одно-трехфазный
Стандарты	ANSI C37.60; МЭК 62271-111; МЭК 60255; МЭК 62271-100

Таблица 4.3-5: Технические данные и номинальные характеристики

4.3.7 Вакуумные контакторы

Вакуумные контакторы ЗТЛ (рис. 4.3-8 - 4.3-10) являются 3-полюсными контакторами с электромагнитными операционными механизмами для средневольтных распределительных устройств. Это прерывающие нагрузку устройства с ограниченной включающей и отключающей способностью при коротком замыкании, которые используются при большом количестве коммутаций - до 1 млн. рабочих циклов. Вакуумные контакторы могут применяться для управляющего переключения потребителей переменного тока в распределительном устройстве внутренней установки. Они могут использоваться, например, для следующих коммутационных функций:

- АС-3: асинхронные электромоторы с короткозамкнутым ротором: запуск и остановка работающего электромотора
- АС-4: пуск, торможение и толчковый ход
- переключение трехфазных электромоторов в категории использования АС-3 или АС-4 (например, в конвейерных и elevatorных системах, компрессорах, насосных станциях, для вентиляции и нагрева)
- переключение трансформаторов (например, в распределительных устройствах промышленного назначения и уровня распределения при низком напряжении)
- переключение реакторов (например, в промышленных системах распределения, реакторах постоянного тока, системах коррекции коэффициента мощности)
- переключение резистивных потребителей (например, нагревательных резисторов, электрических печей)
- переключение конденсаторов (например, в системах коррекции коэффициента мощности, батареях конденсаторов).
- другие коммутационные функции:
 - переключение электромоторов
 - переключение трансформаторов
 - переключение конденсаторов.

В системах реверсивных пускателей контакторного типа (реверсивный режим), если для защиты от короткого замыкания используются высоковольтные предохранители с большой отключающей способностью, для каждого направления вращения требуется только один контактор.

Ассортимент вакуумных контакторов приведен в таблице 4.3-6.



Рис. 4.3-8: Вакуумный контактор 3ТЛ6



Рис. 4.3-9: Вакуумный контактор 3ТЛ71



Рис. 4.3-10: Вакуумный контактор 3ТЛ81

Тип	3ТЛ81	3ТЛ61	3ТЛ65	3ТЛ68	3ТЛ71
Номинальное напряжение	7.2 кВ	7.2 кВ	12 кВ	15 кВ	24 кВ
Номинальная частота	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц
Номинальный нормальный ток	400 А	450 А	400 А	320 А	800 А
Номинальный ток включения*	4000 А	4500 А	4000 А	3200 А	4500 А
Номинальный ток отключения	3200 А	3600 А	3200 А	2560 А	3600 А
Механическая износостойкость контактора*	1 миллион рабочих циклов	3 миллиона рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов
Коммутационная износостойкость вакуумной дугогасительной камеры (номинальный ток)*	0.25 миллиона рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	0.5 миллиона рабочих циклов	0.25 миллиона рабочих циклов	0.5 миллиона рабочих циклов

* Коммутационная способность в соответствии с категорией использования АС-4 ($\cos \varphi = 0,35$)

Таблица 4.3-6: Ассортимент вакуумных контакторов

4.3.8 Комбинированное устройство контактор-предохранитель

Комбинированные устройства контактор-предохранитель ЗТL62/63/66 - это прошедшие типовые испытания блоки, содержащие контакторы и высоковольтные предохранители с большой отключающей способностью (HV HRC). Они были специально разработаны для гибкого использования в условиях ограниченного пространства и не требуют дополнительного помещения для предохранителей HV HRC или других дополнительных проводников между контактором и предохранителем. Эти элементы располагаются на опорной плите так, чтобы обеспечить оптимальную вентиляцию, обеспечивая тем самым высокий нормальный ток. Эта конструкция отвечает высоким стандартам диэлектрической прочности, требуемым даже в таких странах, как Китай.

Для интеграции в распределительные панели доступен целый ряд различных конструкций, например, с различными расстояниями между полюсом и центром или размерами под ключ. В комплект поставки могут быть включены, по выбору, одиночные и двойные держатели предохранителей, управляющий трансформатор и большое количество другого вспомогательного оборудования (табл. 4.3-7).

Конструкция

Комбинированное устройство контактор-предохранитель (рис. 4.3-11, рис. 4.3-12) состоит из элементов вакуумного контактора (1), изолирующей крышки с держателем предохранителя (2), элементов с плавкими вставками (3), контактов (4) и, в качестве опции, управляющего трансформатора (5). Они размещены на опорной плите (6).

При нормальной работе вакуумный контактор (1) надежно отключает соответствующие токи. Для этого используется технология коммутации в вакууме, зарекомендовавшая себя на протяжении почти 40 лет, которая применяется для гашения электрической дуги с помощью вакуумных дугогасительных камер. Вакуумные дугогасительные камеры управляются магнитной системой с помощью встроенного толкателя.

Изолирующая крышка с держателем предохранителя (2) установлена на одной стороне контактора. С другой стороны она установлена на поперечине (7), под которой есть место для дополнительного управляющего трансформатора. Держатели, специально разработанные для использования двух высоковольтных плавких вставок с большой отключающей способностью, обеспечивают равномерное распределение тока в две плавкие вставки одной фазы.

Комбинированное устройство контактор-предохранитель оптимизировано для использования предохранителей ЗGD2. Тем не менее, возможно также использование плавких вставок от других производителей (3). При выборе предохранителей для какой-либо сферы применения необходимо учитывать технические предельные значения, такие как нагревание из-за рассеиваемой мощности, предельная коммутационная способность и максимально допустимый сквозной ток.

Контакты (4) используются для установления соединения с отсеком шин и кабельным отсеком с помощью вводов, которые также могут быть дополнительно поставлены.

Дополнительный управляющий трансформатор (5) соединен с высоковольтными клеммами, расположенными на основной части комбинированного устройства контактор-предохранитель, в связи с чем необходимость в дополнительных кабелях отсутствует. Для защиты трансформатора на его основной стороне последовательно подключен и размещен в поперечине отдельный первичный предохранитель. Широкий модельный ряд позволяет оптимально подобрать управляющий трансформатор к существующей системе питания.

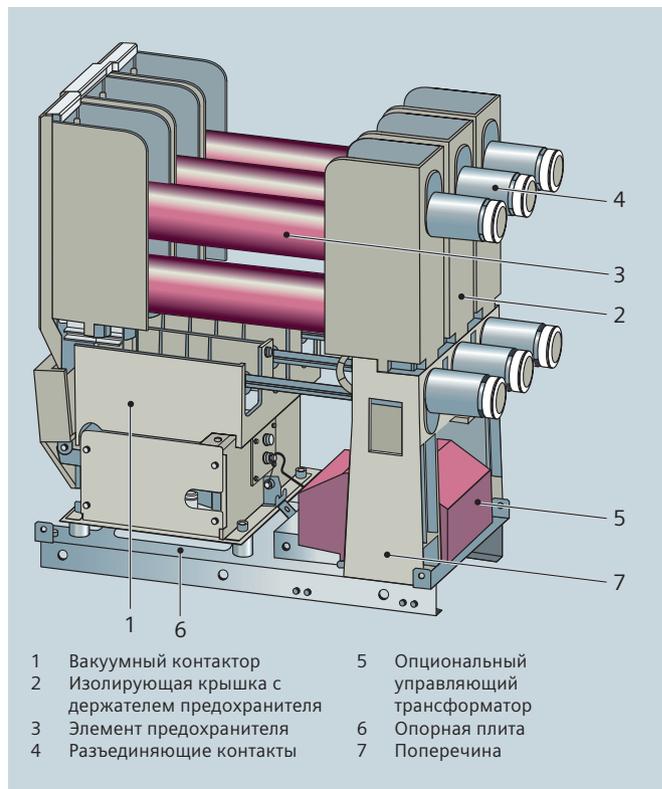


Рис. 4.3-11: Конструкция комбинированного устройства контактор-предохранитель ЗТL6

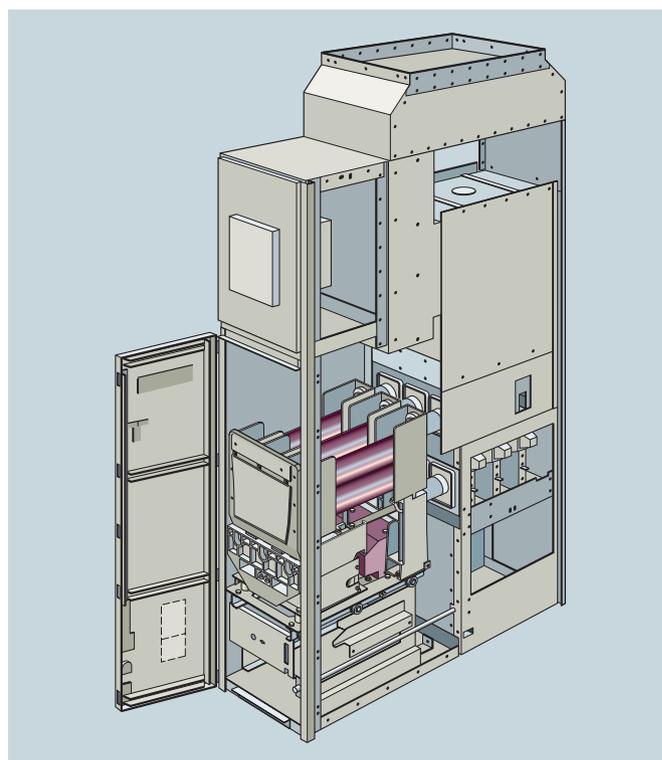


Рис. 4.3-12: Установка комбинированного устройства контактор-предохранитель на панели контактора

Режим работы

Главным образом, существует три различных режима или состояния работы: нормальная работа, короткое замыкание и перегрузка.

Во время нормальной работы комбинированное устройство функционирует в качестве контактора.

Чтобы замкнуть контактор, магнитная система может работать с контрольным током, дополнительно выведенным из управляющего трансформатора. Магнитная система постоянного тока работает как цепь с экономичным потреблением, обеспечивая высокую механическую прочность, низкий порог срабатывания и фиксируемость. Дополнительный фиксатор может удерживать вакуумный контактор в замкнутом положении даже без возбуждения магнитной системы. Вакуумный контактор деблокируется электрическим способом с помощью отпускающего соленоида или механическим способом путем отпуска дополнительного фиксатора с кабельным приводом.

В случае короткого замыкания предохранитель HV HRC плавится уже в ходе нарастания тока. Высвободившийся тепловой ударник активирует индикацию и приводит в действие вакуумный контактор. При оптимальной временной последовательности к этому моменту времени предохранитель уже прервет ток короткого замыкания.

В случае перегрузки высокий постоянный ток создает термическую перегрузку на плавкую вставку, тем самым отключая тепловой ударник. Контактор уже функционирует в период срабатывания дуги плавкого предохранителя, в результате чего ток координации протекает через вакуумные дугогасительные камеры. Этот ток координации не должен превышать максимальные значения переключения, так как это может привести к повреждению вакуумной дугогасительной камеры. Этого можно избежать, выбрав правильный предохранитель.

Примеры применения

Комбинированные устройства контактор-предохранитель могут применяться для управляющего переключения потребителей переменного тока в распределительном устройстве внутренней установки. Они используются, например, для выполнения следующих коммутационных функций:

- Пуск электромоторов
- Подключение и изменение направления вращения электромоторов
- Переключение трансформаторов и реакторов
- Переключение резистивных потребителей (например, электрических печей)
- Переключение конденсаторов и компрессоров.

Эти функции позволяют использовать комбинированные устройства контактор-предохранитель в конвейерных и элеваторных системах, насосных станциях, системах кондиционирования воздуха, а также в системах для компенсации реактивной мощности, поэтому эти устройства можно найти почти в каждом промышленном секторе.

Стандарты

Комбинированные устройства контактор-предохранитель 3TL62/63/66 имеют открытую конструкцию и степень защиты IP00 в соответствии с МЭК 60470. Они соответствуют стандартам для высоковольтных контакторов переменного тока от 1 кВ до 12 кВ:

МЭК 62271-1	DIN EN 62271-1
МЭК 60470 – издание 2000 года	IDIN EN 60470
МЭК 62271-1 - 106 CDV 01'2010	
МЭК 60529	IDIN EN 60529
МЭК 60721	DIN EN 60721
МЭК 60282-1	IDIN EN 60282-1
Испытательное напряжение согласно D/L 404, GB 14808, DL/T 593	

Краткий обзор преимуществ

- До одного миллиона электрических рабочих циклов
- Возможность использования для всех видов переключения
- Отсутствие необходимости в техническом обслуживании, надежность работы вакуумных дугогасительных камер и магнитного операционного механизма для максимальной эффективности затрат
- Широкий выбор моделей, удовлетворяющих самым различным требованиям
- Успешное прохождение типовых испытаний, наличие компактной конструкции (также для установки в узкие панели распределительного устройства)
- Специально разработанные держатели предохранителей для равномерного распределения тока
- Оптимизированная конструкция для высокой плотности мощности
- Надежность для оптимизации доступности
- Отличная совместимость с условиями окружающей среды
- Более 35 лет опыта работы с вакуумными контакторами.

Тип	ЗТЛ62	ЗТЛ63	ЗТЛ66
Номинальное напряжение	7.2 кВ	7.2 кВ	12 кВ
Стандарт	МЭК 60470	МЭК 60470/ Высокая диэлектрическая прочность	МЭК 60470
Номинальный нормальный ток (в зависимости от установки и сочетания с выбранными предохранителями)	450 А	400 А	400 А
Тепловой ток I_{th}	В зависимости от установки и сочетания с выбранными предохранителями		
Номинальный ток отключения при коротком замыкании для тока ISC (ожидаемый)	50 кА	50 кА	40 кА
Идентификатор макс. сквозного тока	46 кА	46 кА	46 кА
Стойкость контактора к воздействию короткого замыкания (предельная коммутационная способность)	5 кА	4.6 кА	4.6 кА
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение (зазор между заземлением и разомкнутым контактом)	60 кВ / 40 кВ	60 кВ / 40 кВ	75 кВ / 60 кВ
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	20 кВ	32 кВ	28 кВ
Скорость переключения	1 200 рабочих циклов/час	600 рабочих циклов/час	600 рабочих циклов/час
Механическая износостойкость	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов
Макс. количество предохранителей на фазу	1 x 315 А или 2 x 250 А	1 x 315 А или 2 x 250 А	1 x 200 А или 2 x 200 А
Расстояния между полюсом и центром	120 мм	120 мм	120 мм
Размер под ключ	205 мм, 275 мм, 310 мм		
Доступны различные контактные системы и всеобъемлющий ассортимент вспомогательного оборудования			

Таблица 4.3-7: Характеристики комбинированного устройства контактор-предохранитель ЗТЛ6

4.3.9 Разъединители и выключатели-разъединители

Разъединители (также называемые изоляторами) используются для размыкания и замыкания электрических цепей практически без нагрузки. Выполняя эти задачи, они могут отключать незначительные токи (до 500 мА, например, емкостные токи шин или трансформаторов напряжения), а также более высокие токи, если нет значительного изменения напряжения между клеммами при отключении, например, во время переключения шин в распределительных устройствах с двойной системой шин, когда шиносоединительный выключатель находится в параллельно включенном положении.

Фактической задачей разъединителей является создание изоляционного расстояния для безопасной работы с другим оборудованием, которое было "изолировано" разъединителем (рис. 4.3-14). По этой причине к надежности, видимости и диэлектрической прочности изоляционного расстояния предъявляются строгие требования. Различные разъединители и их свойства приведены в таблице 4.3-9.

Выключатели-разъединители (таблица 4.3-9, рис. 4.3-13) в одном устройстве одновременно выполняют функции выключателя нагрузки и создают изоляционное расстояние (разъединитель), поэтому они используются для отключения токов нагрузки до их номинального нормального значения тока. При подключении потребителей нельзя исключить возможность включения при имеющемся коротком замыкании. Именно поэтому современные выключатели-разъединители обладают включающей способностью при коротком замыкании. Для отключения токов короткого замыкания выключатели нагрузки (выключатели-разъединители) также могут быть использованы вместе с предохранителями. Ток короткого замыкания прерывается предохранителями. Затем предохранители отключают три полюса выключателя нагрузки (выключателя-разъединителя), отключая поврежденную линию передачи от энергосистемы.

Номинальный кратковременный выдерживаемый ток	Номинальный нормальный ток	Номинальное напряжение		
		12 кВ	24 кВ	36 кВ
20 кА	630 А	3DC	3DC/3DA	3DC
31.5 кА	630 А	3DC		
	1250 А	3DC	3DC/3DA	3DC
	1600 А	3DC	3DC/3DA	3DA
	2500 А	3DC	3DC	3DC
50 кА	3000 А			3DC
	1250 А	3DC		
	1600 А	3DC		
	2500 А	3DC		
63 кА	3000 А	3DC		
	1250 А	3DC		
	1600 А	3DC		
	2500 А	3DC		
	3000 А	3DC		

Таблица 4.3-8: Ассортимент разъединителей

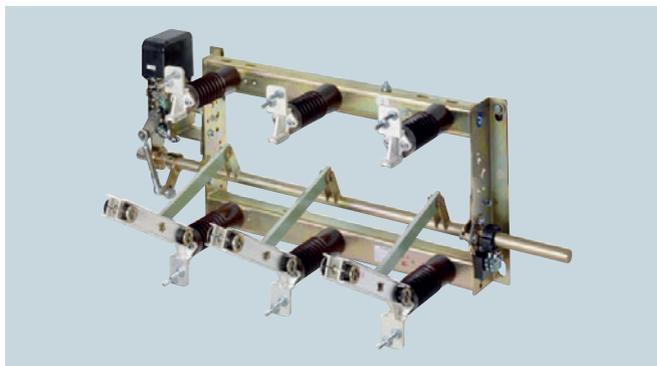


Рис. 4.3-13: Разъединитель в разъединенном положении

Тип	ЗСД2			
	12 кВ	17,5 кВ	24 кВ	36 кВ
Номинальное напряжение	12 кВ	17,5 кВ	24 кВ	36 кВ
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	28 кВ/32 кВ	38 кВ/45 кВ	50 кВ/60 кВ	70 кВ/80 кВ
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение	75 кВ/85 кВ	95 кВ/110 кВ	125 кВ/145 кВ	170 кВ/195 кВ
Номинальный нормальный ток	400 А	400 А	400 А	630 А
Номинальный нормальный ток – без плавкой вставки	630 А/1000 А	630 А	630 А/1000 А	630 А/1000 А
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (1 с)	25 кА	25 кА	25 кА	20 кА
Номинальный ток включения при коротком замыкании	63 кА	63 кА	50 кА	25 кА
Номинальный ток отключения замкнутого контура	400 А/630 А	400 А/630 А	400 А/630 А	630 А
Номинальный ток отключения при постепенном повышении напряжения на кабеле	50 А	75 А	50 А	25 А
Номинальный ток отключения при замыкании на землю	150 А	200 А	150 А	70 А
Номинальный ток отключения при постепенном повышении напряжения на кабеле при замыкании на землю	86 А	100 А	86 А	40 А
Количество механических рабочих циклов	2500	2500	2500	1000
Крутящий момент механизма пружинного типа/механизма для накопленной энергии	44/60	54/62	64/64	90/150
Крутящий момент заземляющего ножа	60	65	70	120
Стандартный справочный размер предохранителя "е"	292	362	442	538

Таблица 4.3-9: Ассортимент выключателей-разъединителей

Принцип гашения дуги

Выключатели-разъединители работают по принципу автогазовой коммутации, поэтому дуга гасится в автогазовой камере следующим образом. Под воздействием температуры дуги из изолирующего материала камеры выделяется некоторое количество газа, который плотно окружает и гасит дугу.

Поскольку материал, обеспечивающий выделение газа, не может самовосстанавливаться, количество рабочих циклов ниже, чем у вакуумной дугогасительной камеры. Тем не менее, выключатели-разъединители, которые используют автогазовый принцип, используются чаще всего благодаря отличному соотношению цены/производительности.

Разъединители ЗСД2 имеют плоскую, автогазовую дугогасящую камеру, (1) на рис. 4.3-15. При размыкающем движении сначала отделяется контактный нож, (2) на рис. 4.3-15. Поскольку вспомогательный нож, (3) на рис. 4.3-15, направляемый в дугогасящую камеру, все еще находится в положении соприкосновения, ток течет теперь через вспомогательный нож. Когда ножи разъединителя достигают изоляционного расстояния, вспомогательный нож резко размыкает соединение. Размыкающаяся дуга горит в небольшом зазоре, а тепловой эффект производит достаточно газа для быстрого и эффективного гашения дуги.

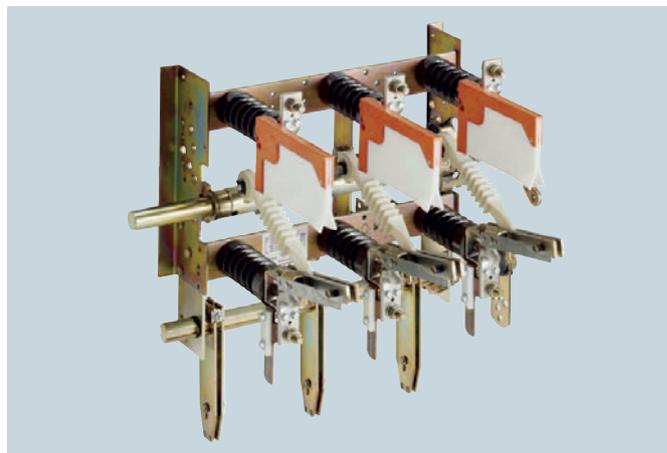


Рис. 4.3-14: Выключатель-разъединитель

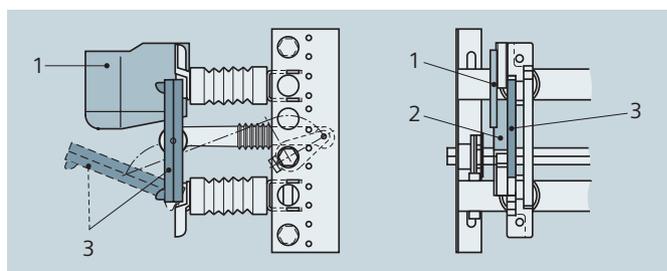


Рис. 4.3-15: выключатель-разъединитель ЗСД2: (1) плоская автогазовая дугогасящая камера, (2) контактный нож, (3) вспомогательный нож

4.3.10 Заземляющие ножи

Заземляющие ножи (табл. 4.3-10) используются для заземления и закорачивания деталей распределительных устройств, кабелей и воздушных линий. Они дают возможность безопасно работать на ранее заземленном эксплуатационном оборудовании. Их конструкция аналогична конструкции разъединителей вертикально-поворотного типа. Они часто устанавливаются на разъединители или выключатели-разъединители, а затем взаимно блокируются с этими устройствами, чтобы предотвратить заземление элементов под напряжением. Если вместо обычных заземляющих ножей используются заземляющие ножи с включающей способностью (заземляющие ножи с индикатором включения), заземление при коротком замыкании не является опасными, даже если цепь случайно не была изолирована ранее (рис. 4.3-16, рис. 4.3-17).

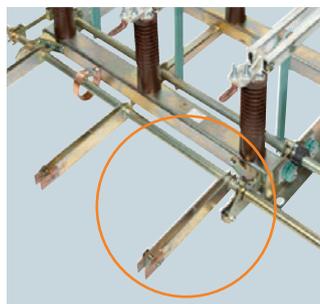


Рис. 4.3-16: Заземляющий нож в РАЗОМКНУТОМ положении с замкнутым разъединителем

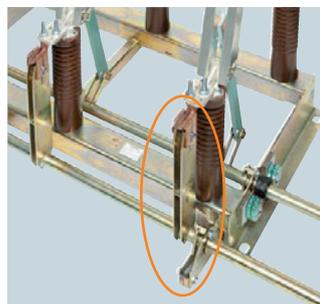


Рис. 4.3-17: Заземляющий нож в ЗАМКНУТОМ положении с разомкнутым разъединителем

Переключатели заземления		Номинальное напряжение		
Номинальное кратковременное выдерживаемое напряжение	Нормированная амплитуда максимального выдерживаемого тока	12 кВ	24 кВ	36 кВ
		20 кА	50 кА	3DE
31.5 кА	80 кА	3DE	3DE/3DD	3DE
50 кА	125 кА	3DE		
63 кА	160 кА	3DE		

Заземляющие ножи с индикатором включения			Номинальное напряжение			
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение	Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	Номинальный ток включения при коротком замыкании	7.2 кВ	12 кВ	15 кВ	24 кВ
			60 кВ	20 кВ	63 кА	3CX50
60 кВ	28 кВ	50 кА		3CX50		
75 кВ	28 кВ	50 кА		3CX50		
95 кВ	38 кВ	52 кА			3CX50	
95 кВ	50 кВ	40 кА				3CX50
125 кВ	50 кВ	40 кА				3CX50

Таблица 4.3-10: Ассортимент заземляющих ножей

4.4 Низковольтные устройства

4.4.1 Требования к низковольтным устройствам в трех типах цепей

Применение устройства в цепи питания

Питание системы – это наиболее “чувствительная” цепь во всей системе распределения электроэнергии. Неполадка в этой части может отразиться на всей сети, оставив здание или все производство без электроэнергии. При проектировании необходимо учесть и этот наихудший сценарий. Для безопасной конфигурации сети очень важно предусмотреть резервные блоки системы и селективность защиты. Для выполнения этих предварительных условий необходимо, прежде всего, правильно выбрать защитные устройства. Информация о некоторых ключевых параметрах представлена ниже.

Номинальный ток

Выключатель питающей линии в низковольтных устройствах LVMD должен быть рассчитан на максимальную нагрузку трансформатора/генератора. При использовании вентилируемых трансформаторов необходимо учитывать более высокий номинальный ток трансформатора ($1,5 \times I_{ном}$).

Устойчивость к короткому замыканию

Устойчивость к короткому замыканию выключателя питающей линии определяется как $(n-1) \times I_{к_макс}$ трансформатора или трансформаторов (n = количество трансформаторов). Это означает, что в месте установки выключателя должен быть известен максимальный ток короткого замыкания для того, чтобы выбрать соответствующую отключающую способность защитного устройства ($I_{сн}$ – номинальная предельная отключающая способность при коротком замыкании). Точные расчеты токов короткого замыкания, включая их снижение за счет сети среднего напряжения или кабельных линий, можно произвести, например, с помощью программного обеспечения SIMARIS design. SIMARIS design определяет максимальный и минимальный токи короткого замыкания и автоматически подбирает подходящие защитные устройства.

Категория использования

При проектировании сети большое значение имеют селективность, подбор ступеней выдержек времени защитных устройств. Если выдержки времени не превышают 500 мс, выбранный выключатель должен быть в состоянии пропускать ток короткого замыкания в течение заданного времени. Рядом с трансформатором токи очень высокие. Пропускная способность по току определяется значением $I_{св}$ (номинальный кратковременный выдерживаемый ток) выключателя; это означает, что контактная система должна быть в состоянии передавать максимальный ток короткого замыкания, т. е. энергию, содержащуюся в нем, пока выключатель не сработает. Это требование выполняется выключателями, которые относятся к категории использования «В» (например, воздушными выключателями, АСВ). Токоограничивающие выключатели (выключатели в литом корпусе, МССВ) выполняют отключение во время нарастания тока. Следовательно, они могут иметь более компактную конструкцию.

Расцепители

При проектировании селективной сети расцепители (расцепляющие устройства) выключателей питающих линий должны иметь характеристику LSI. При этом должна быть возможность отключения мгновенного расцепителя (I). В зависимости от характеристики защитных устройств, находящихся выше или ниже по линии, характеристики выключателя питающей линии в диапазоне перегрузки (L), а также в диапазоне кратковременной задержки по времени при коротком замыкании (S) должны быть дополнительно переключаемыми (характеристики I^t или I^2t). Это облегчает адаптацию устройств, находящихся выше или ниже по линии.

Внутреннее вспомогательное оборудование

В зависимости от соответствующего элемента управления, требуются не только независимые расцепители (ранее: f-расцепители), но и расцепители минимального напряжения.

Обмен данными (коммуникация)

Все чаще требуется информация о текущем рабочем состоянии, данные о техническом обслуживании, сообщения об ошибках, анализы и т.д., особенно от очень чувствительных цепей питания. Может потребоваться гибкость в связи с последующим обновлением или модернизацией для достижения требуемого типа передачи данных.

Применение устройства в цепях питания (секционирование)

Если секционное соединение (подсоединение сети 1 к сети 2) эксплуатируется в разомкнутом состоянии, в этом случае автоматический выключатель (секционный выключатель) выполняет исключительно функцию разъединителя или главного выключателя. Необходимость в функции защиты (расцепителя) полностью отсутствует.

К функционированию в замкнутом состоянии применяются следующие соображения:

- Номинальный ток должен быть принят из расчета максимального возможного нормального тока (компенсация нагрузки). Коэффициент одновременности может быть принят равным 0,9.
- Устойчивость к короткому замыканию
Устойчивость к короткому замыканию выключателя питающей линии определяется суммой компонентов короткого замыкания, которые проходят через секционное соединение. Это зависит от конфигурации компонентов системы шин и их питания.
- Категория использования
Что касается системы питания, категория использования “В” также требуется для пропускной способности по току ($I_{св}$).
- Расцепители
Для обеспечения надежности электроснабжения необходимо принимать во внимание режим частичного отключения с секционными соединениями. Поскольку секционный выключатель и выключатель питающей линии при возникновении аварии имеют одинаковые составляющие тока, что похоже на параллельную работу двух трансформаторов, в этом случае требуется характеристика LSI. Специальную функцию зональной селективной блокировки (ZSI) следует использовать для более крупных сетей и/или параметров защиты, которые трудно определить.

Применение устройства в цепи распределения

Сеть распределения получает питание из сети более высокого уровня (питающей сети) и подает его на следующий уровень распределения (конечная сеть).

В зависимости от страны, местной практики и т.д., для защиты системы могут быть использованы автоматические выключатели и предохранители. В принципе, все защитные устройства описаны в данной главе. Необходимо соблюдать технические требования касательно параметров электрической цепи. Если требуется абсолютная селективность, то преимущество имеет АСВ (воздушный автоматический выключатель). Тем не менее, по экономическим соображениям выключатель АСВ часто используется лишь в распределительной сети с номинальным током от 630 А или 800 А. Поскольку выключатель АСВ не является токоограничивающим устройством, он сильно отличается от других защитных устройств, таких как МССВ (выключатели в литом корпусе), МСВ (миниатюрные выключатели) и предохранители.

Таблица 4.4-1 показывает основные различия и предельные значения соответствующих защитных устройств.

Применение устройства в распределительной сети

Распределительная сеть нижнего уровня получает питание от сети распределения и подает его потребителю (например, двигателю, лампе, нестационарной нагрузке (розетке) и т.д.). Защитное устройство должно удовлетворять требования потребителя, который должно защищать.

Примечание:

Все параметры защиты, сравнение характеристик и т.д. всегда начинаются с нагрузки. Это означает, что для этих распределительных сетей не требуются защитные устройства с регулируемой ступенчатой выдержкой по времени.

		Воздушный выключатель АСВ	Выключатель в литом корпусе МССВ	Выключатель нагрузки с плавким предохранителем	Выключатель нагрузки с плавкими предохранителями	Автоматический миниатюрный выключатель (МСВ)	Контрольные значения, технические требования
Стандарты	МЭК	Да	Да	Да	Да	Да	Регион
Применение	Защита системы	Да	Да	Да	Да	Да	Система энергоснабжения
Установка	Фиксированная установка:	Да	Да	Да	Да	Да	Коэффициент готовности
	Вставной тип	-	До 800 А	-	Частично	-	
	Выкатной элемент	Да	Да	-	-	-	
Номинальный ток	I_n	6300 А	1600 А	630 А	630 А	125 А	Нормальный ток I_b
Наибольшая отключающая способность при коротком замыкании	I_{cu}	До 150 кА	До 100 кА	До 120 кА	До 120 кА	До 25 кА	Максимальный ток КЗ I_{k_max}
Пропускная способность по току	I_{cw}	До 80 кА	До 5 кА	-	-	-	Цепь
Количество полюсов	3-полюсной	Да	Да	Да	Да	Да	Система энергоснабжения
	4-полюсной	Да	Да	-	Частично	-	
Характеристика отключения	ETU	Да	Да	-	-	-	Система энергоснабжения
	TM	-	до 630 А	Да	Да	Да	
Функция отключения	LI	Да	Да	Да*	Да*	Да	Система энергоснабжения
	LSI	Да	Да	-	-	-	
	N	Да	Да	-	-	-	
	G	Да	Да	-	-	-	
Характеристики	Нерегулируемые	-	Да	Да	Да	Да	Система энергоснабжения
	Регулируемые	Да	Да	-	-	-	
	В качестве опции	Да	Да	-	-	-	
Защита от поражения электрическим током, в условиях отключения	Определение тока I_{k_min}	Без ограничений	Без ограничений *)	Зависит от длины кабеля	Зависит от длины кабеля	Зависит от длины кабеля	Минимальный ток КЗ I_{k_min}
Коммуникация (передача данных)	Высокий	Да	-	-	-	-	Требования заказчика
	Средний	Да	Да	-	-	-	
	Низкий	Да	Да	Да	Да	Да	
Управление	Местное	Да	Да	Да	Да	Да	Требования заказчика
	Дистанционное (двигатель)	Да	Да	-	-	-	
Снижение номинальных значений	Полный расчетный номинальный ток	60 °С	50 °С	30 °С	30 °С	30 °С	Распределительное устройство
Синхронизация системы		Да	До 800 А	-	-	-	Система энергоснабжения

* В соответствии с характеристиками плавкого предохранителя

Рис. 4.4-1: Обзор защитных устройств; *) с ETU: без ограничений / с TMTU: зависит от длины кабеля

4.4.2 Низковольтные защитные и коммутационные устройства

В следующей главе особое внимание уделяется критериям выбора характеристик и соответствующих устройств (табл. 4.4-2 и табл. 4.4-3), которые используются в главных сетях распределения электроэнергии коммерческих зданий и промышленности.

Примечание:

Все аппараты, приведенные в таблицах, применяются в низковольтных системах распределения энергии или распределительных щитах, соответствующих МЭК. К системам, соответствующим стандартам UL, применяются другие нормы и критерии. В зависимости от страны, стандартных спецификаций, местной практики применения, инженера-проектировщика, технических пороговых значений и т.д., низковольтные системы распределения электроэнергии могут состоять из различных защитных устройств.*

Электрические схемы и назначение устройств

(раздел 3.3.2 "Задание размеров систем распределения электроэнергии")

Основная конфигурация низковольтной системы распределения электроэнергии и назначение защитных устройств, включая их основные функции

Основные функции в соответствующих цепях:

- Цепь питания
Задача: Защита системы
Устройство защиты:
– АСВ (воздушный автоматический выключатель)
- Цепь распределения
Задача: Защита системы
Защитные устройства:
– АСВ (воздушный автоматический выключатель)
– МССВ (выключатель в литом корпусе)
– SD (выключатель-разъединитель)
- Распределительная сеть
Задача: Защита двигателя
Защитные устройства:
МССВ (выключатель для защиты двигателя)
– SD (выключатель-разъединитель)
- MSP (контактор ЗРТ, реле защиты от перегрузки ЗУ, устройство защиты и управления двигателями ЗУФ)

Автоматические выключатели		
АСВ	Воздушный автоматический выключатель – Не ограничивающий ток выключатель – Выключатель-разъединитель при нулевом значении тока	
МССВ	Выключатель в литом корпусе – Токоограничивающий выключатель	
МСВ	Миниатюрный автоматический выключатель	
MSP	Защитное устройство пускателя двигателя	
MPCB	Автоматический выключатель защиты двигателя – Автоматический выключатель для защиты электродвигателя	

Рис. 4.4-2: Обзор типов автоматических выключателей

Коммутирующие устройства (выключатель нагрузки с плавким предохранителем/выключатель-разъединитель)		
SD	Выключатель-разъединитель В зависимости от принципа действия эти устройства делятся на две основные группы:	
Зависящие от оператора		
Без механизма мгновенного замыкания и размыкания контактов, с защитой (предохранителями); в этих аппаратах предохранители перемещаются при замыкании и размыкании цепи (=разъединитель с плавкими предохранителями)		
С механизмом мгновенного замыкания и размыкания контактов, с защитой (предохранителями); в этих устройствах предохранители не перемещаются при замыкании и размыкании цепи (=выключатели нагрузки с предохранителями)		
Не зависящие от оператора		
С механизмом мгновенного замыкания и размыкания контактов, без защиты (без предохранителей); эти аппараты используются только для коммутации цепи, обычно как главные выключатели (=выключатели нагрузки без предохранителей)		

Рис. 4.4-3: Обзор коммутационных устройств

* В случае возникновения у вас вопросов касательно применения стандартов UL, пожалуйста, обратитесь в местное представительство компании Siemens. Мы можем предоставить решения касательно вопросов такого применения, однако к ним следует относиться совершенно по-другому.

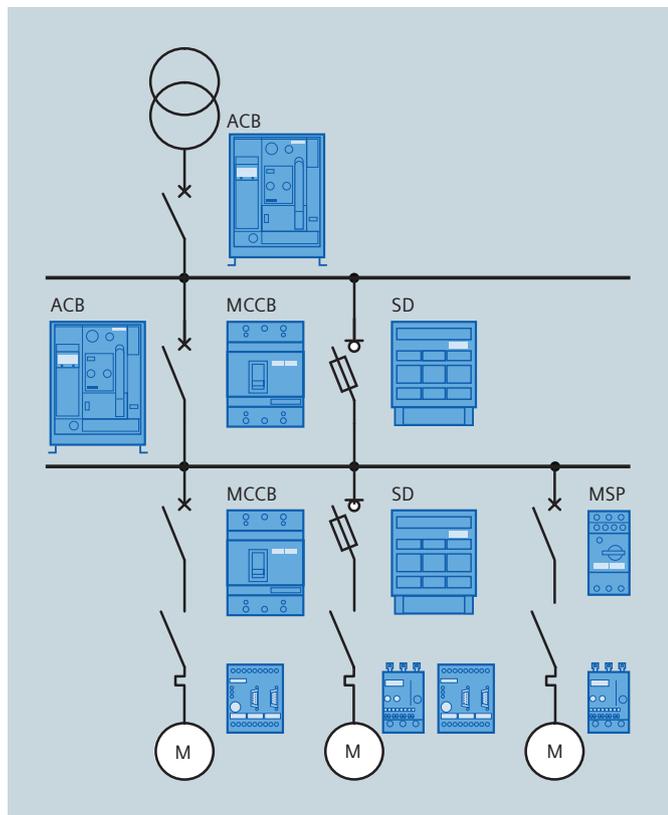


Рис. 4.4-4: Основные функции защитных устройств в отдельных видах цепи

Критерии для выбора устройства

Защитное устройство всегда является частью цепи (рис. 4.4-1) и должно удовлетворять соответствующим требованиям (раздел 3.3.2 "Определение основных характеристик систем распределения энергии"). Наиболее важные критерии выбора приведены ниже.

Основные критерии выбора

На рис. 4.4-5 показаны семь наиболее важных критериев, которые должны быть, по крайней мере, приняты во внимание при выборе устройства

4

Защита плавкими предохранителями

1. **Применение**
Электростанции/двигатели/разъединители
2. **3-полюсный/ 4-полюсный**
3. **Фиксированное втычное выкатное исполнение**
4. **Номинальный ток, I_n**
ACB: 6300 A
MCCB: 1600 A
Предохранители 630 A
5. **Наибольшая отключающая способность при коротком замыкании, I_{cu}**
6. **Расцепитель**
Наличие селективности и параметров регулировки защиты
7. **Коммуникация и передача данных**

Защита автоматическими выключателями

Рис. 4.4-5: Основные критерии выбора

4.4.3 Программа для расчетов систем энергораспределения

Точный выбор защитного устройства и, следовательно, определение размеров энергораспределительных шкафов требует выполнения многочисленных подсчетов тока короткого замыкания и падения напряжений. Необходимо также изучить каталожные данные касательно энергий короткого замыкания, селективности и резервной защиты отдельных устройств и узлов. Кроме того, следует соблюдать соответствующие нормы и стандарты. На данном этапе следует упомянуть программу для проектирования SIMARIS design, которая автоматически учитывает перечисленные выше условия, данные из каталогов, стандарты и нормы, и, соответственно, автоматически производит расчет устройств.

Селективность и резервная защита

Помещения, используемые для медицинских целей (МЭК 60364-7-710, DIN VDE 0100-710), и конференц-залы (МЭК 60364-7-718, DIN VDE 0100-718) требуют выбора защитных устройств в отдельных зонах. Для других типов зданий, таких как вычислительные центры, существуют требования к селективности защитных устройств, потому что только цепь, в которой произошло короткое замыкание, должна быть отключена, а другие цепи должны продолжать получать питание без перебоев.

Поскольку достижение результатов селективности приводит к увеличению затрат, следует решить, для каких цепей селективность необходима. Резервная защита является более экономичным вариантом. В этом случае, находящееся выше по линии защитное устройство, например, низковольтный предохранитель с высокой отключающей способностью (LV HRC), будучи резервным предохранителем группы, помогает защитному устройству, расположенному ниже по линии, в процессе отключения тока

короткого замыкания, то есть, все находящееся выше и ниже по линии защитные устройства отключаются. Ток короткого замыкания, однако, уже удалось существенно снизить находящимся выше по линии защитным устройством, поэтому защитное устройство, которое находится ниже по линии, может иметь меньшую отключающую способность при коротком замыкании. Резервную защиту следует использовать, когда ожидаемый ток короткого замыкания превышает отключающую способность коммутационного устройства или потребителей. В противном случае, дополнительное ограничивающее защитное устройство снижает селективность или вообще ее не обеспечивает.

Во время принятия решения касательно селективности или резервной защиты следует придерживаться данной схемы:

- Определите в точке установки максимальный ток короткого замыкания,
- Проверьте, способно ли выбранное защитное устройство отключить ток короткого замыкания в одиночку или с использованием резервной защиты находящихся выше по линии защитных устройств,
- Проверьте, при каком токе защитные устройства, находящиеся выше и ниже по линии, являются селективными друг для друга.

4

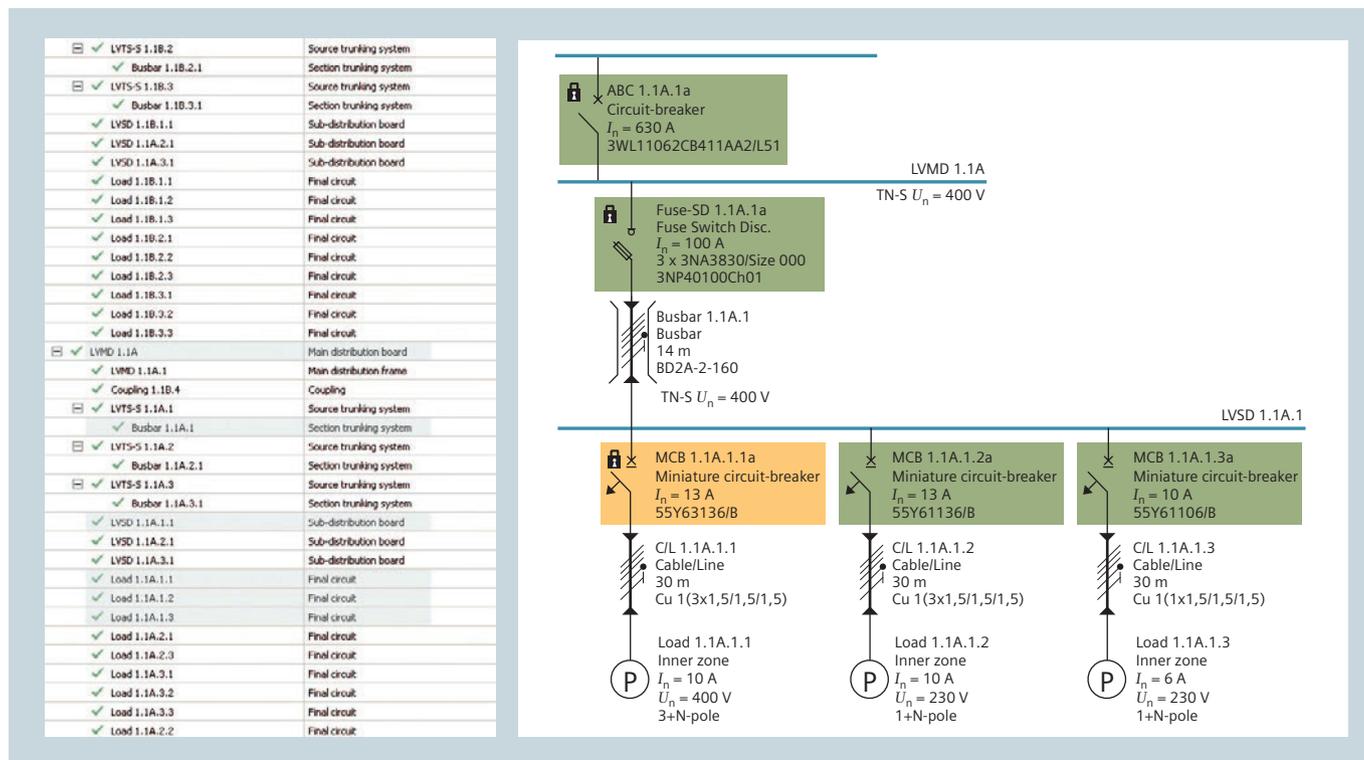


Рис. 4.4-6: Энергораспределение в центре обработки данных, показанное в программе SIMARIS design

Селективность и резервная защита для центров обработки данных

Вычислительные центры предъявляют высокие требования к безопасности энергоснабжения. Это особенно касается потребителей, подсоединенных к источнику бесперебойного питания, а также обеспечивающих надежное резервное копирование данных в случае неисправности или прерывания на обслуживании. На данном этапе следует представить те решения, которые обеспечивают селективность и резервную защиту с помощью ранее упомянутого инструмента для конфигурации SIMARIS design. На рис. 4.4-6 показана энергораспределительная система в программе SIMARIS design. Выключатель SENTRON 3WL, будучи выключателем отходящей питающей линии, находится выше по линии в описанной здесь распределительной системе. На приведенных ниже рисунках показаны диаграммы селективности для рассматриваемой распределительной системы, автоматически сгенерированные программой SIMARIS design (рис. 4.4-7). SIMARIS design показывает кривую характеристики рассматриваемой цепи (красные линии), и кривые всех устройств, расположенных выше (синяя линия) и ниже по линии (зеленая линия). Кроме минимального и максимального тока короткого замыкания, для отдельных цепей также указываются ограничения селективности.

На рис. 4.4-8 показана селективность автоматического выключателя 3WL из основной системы распределения и группы резервных предохранителей (предохранитель LV HRC на 100 А) подраспределительной системы. Не стоит защищать одним и тем же резервным предохранителем тех потребителей, которые в порядке очереди устанавливаются в подраспределительную систему и для которых функциональная износоустойчивость является важным фактором – предпочтительнее отнести таких потребителей к разным группам.

График селективности показывает кривые цепи однофазного потребителя в подраспределительной системе. Этот график, где цепь защищена модульным автоматическим выключателем на 10 А с характеристикой В и с максимальным током короткого замыкания в 5892 кА, селективным для группового резервного предохранителя на 100 А.

Та же подраспределительная система также содержит пример для резервной защиты. На рис. 4.4-9 показан график селективности для комбинации группового резервного предохранителя с модульным автоматическим выключателем на 13 А характеристики В. До отключающей способности модульного выключателя на 6 кА, два защитных устройства являются селективными друг для друга. В случае превышения этого значения предохранитель ограничивает ток и защищает модульный автоматический выключатель; оба устройства отключаются.

Программа SIMARIS design автоматически генерирует кривые характеристик, чтобы предоставить точную информацию о максимальном и минимальном токе короткого замыкания в цепи. На рис. 4.4-9 также показано, до какого тока защитные устройства являются селективными друг для друга.

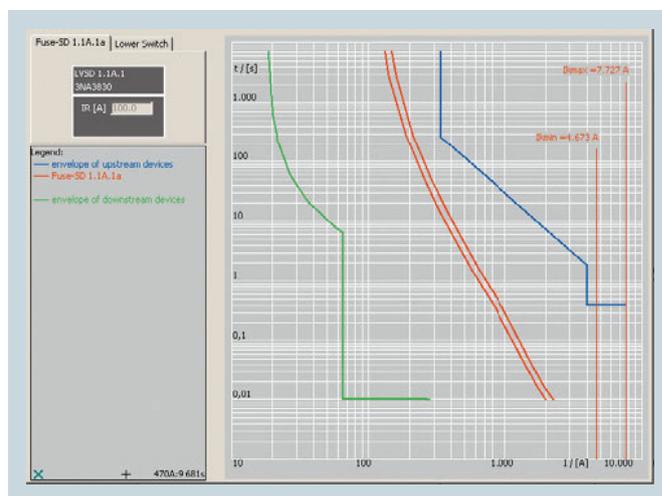


Рис. 4.4-7: Селективность групповых резервных предохранителей для защитных устройств выше по линии

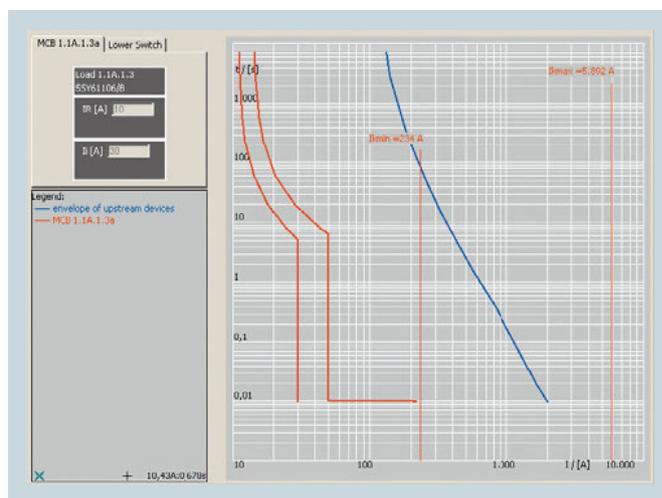


Рис. 4.4-8: Селективность группового резервного предохранителя и модульного автомата

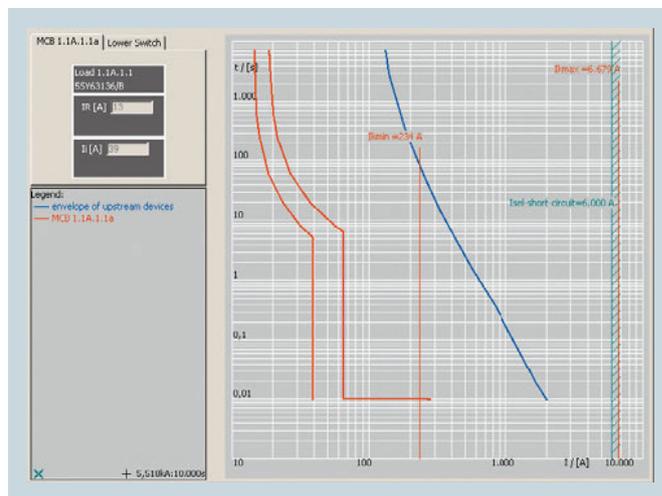


Рис. 4.4-9: Резервная защита группового резервного предохранителя и модульного автомата

4.5 Ограничители перенапряжений

Основной задачей ограничителя перенапряжений (ОПН) является защита оборудования от воздействия перенапряжений. В нормальных условиях работы ОПН не должен отрицательно влиять на энергосистему. Кроме того, ОПН должен выдерживать стандартные импульсы перенапряжений без каких-либо повреждений. Этим требованиям соответствуют нелинейные резисторы со следующими свойствами:

- Низкое сопротивление во время импульсов перенапряжения, благодаря чему перенапряжения ограничиваются
- Высокое сопротивление во время нормальной работы, что позволяет избежать негативных эффектов для энергосистемы
- Достаточная способность поглощать энергию для обеспечения стабильной работы.

При применении такого типа нелинейных резисторов при приложении длительно допустимого напряжения через них протекает лишь небольшой ток. При появлении перенапряжения, большое количество энергии может быть отведено из энергосистемы разрядным током ОПН.

4.5.1 Высоковольтные ограничители перенапряжений

Нелинейные резисторы

Наиболее подходящими для этих целей оказались металлоксидные резисторы. Металлоксидные резисторы имеют очень высокую нелинейность. По этой причине ОПН на металлоксидных резисторах не нуждаются в последовательных искровых промежутках (рис. 4.5-1).

Компания Сименс обладает многолетним опытом в производстве ОПН, - как ОПН на основе карбида кремния с искровыми промежутками, так и металлоксидных ОПН без искровых промежутков, - для сетей низкого напряжения, распределительных и магистральных сетей. ОПН обычно применяются для защиты трансформаторов, генераторов, двигателей, конденсаторов, электро-транспорта, кабелей и подстанций.

Существуют особые условия применения ОПН, такие как защита:

- оборудования в подверженных землетрясениям районах или в местах с высокой степенью загрязнения атмосферы
- чувствительных к перенапряжению двигателей и сухих трансформаторов
- генераторов на электростанциях с помощью ограничителей перенапряжения, которые обладают высокой степенью устойчивости к току короткого замыкания
- КРУЭ
- Вентилей в установках постоянного тока высокого напряжения
- статических компенсаторов
- систем освещения аэропортов
- электрических плавильных печей в стекольной и металлургической промышленности
- оболочек высоковольтных кабелей
- аппаратуры испытательных лабораторий.

Металлоксидные ОПН применяются в сетях среднего, высокого и сверхвысокого напряжения. Здесь особенно важными являются низкий уровень защиты и высокая способность поглощения энергии, выделяющейся во время коммутационных перенапряжений. Для высоких уровней напряжения простая конструкция металлоксидных ОПН всегда является преимуществом. Другим очень важным преимуществом металлоксидных ОПН является их высокая надежность при применении в районах со сложными климатическими условиями, таких, например, как морские побережья или пустыни, а также в районах с высокой степенью загрязнения

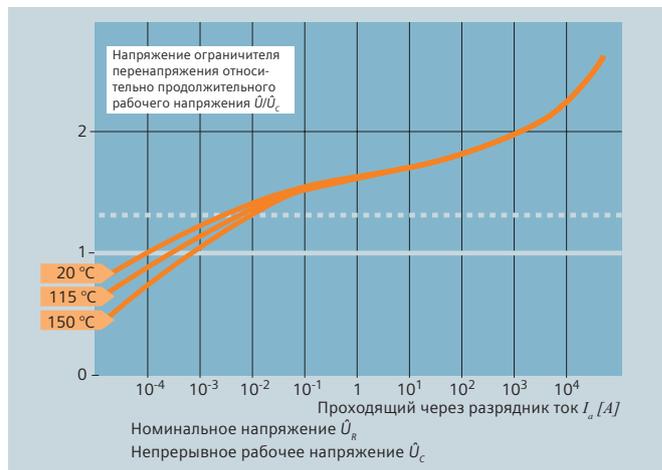


Рис. 4.5-1: Параметры тока/напряжения нелинейного разрядника МО

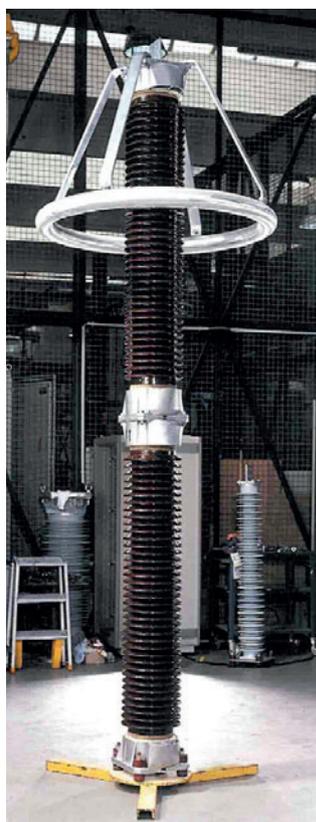


Рис. 4.5-2: ОПН в традиционном фарфоровом корпусе; применим для сетей с напряжением до 800 кВ

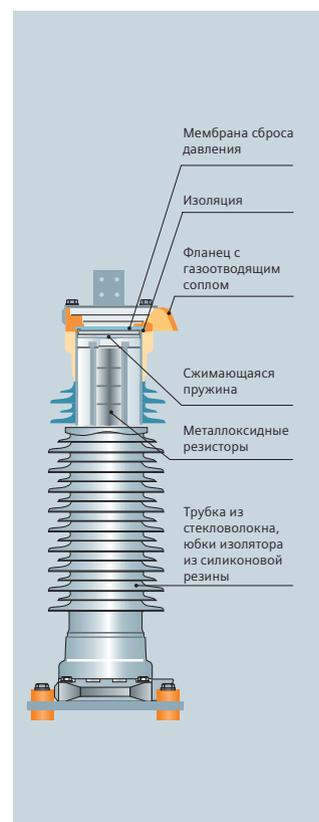


Рис. 4.5-3: Разрез ОПН в полимерном корпусе

атмосферы. Кроме того, некоторые особые условия применения делают возможным использование только металлоксидных ОПН. Одним из примеров является защита батарей конденсаторов в оборудовании компенсации реактивной мощности, при которой требуется поглощение очень большого количества энергии.

Традиции и инновации

На рис. 4.5-2 показан ОПН в традиционном фарфоровом корпусе, который представляет собой многолетний опыт компании Сименс. Сименс также предлагает ОПН в полимерном корпусе, предназначенные для применения в сетях любого напряжения и с любыми механическими нагрузками.

Эти ОПН делятся на два типа:

- ОПН с клеточной конструкцией
- ОПН с трубчатой конструкцией.

На рис. 4.5-3 показан ОПН с трубчатой конструкцией. Его корпус является трубкой из стекловолокна, юбки изолятора изготовлены из силиконовой резины. Преимуществами такой конструкции, которая имеет такую же мембрану для сброса давления, как и ОПН в фарфоровом корпусе, являются абсолютно безопасные и надежные параметры сброса давления, высокая механическая прочность даже после сброса давления, и отличная устойчивость к загрязнениям. Благодаря очень хорошим механическим свойствам ОПН Siemens в полимерном корпусе (тип ЗEQ) могут также служить в качестве опорных изоляторов. Устойчивость к загрязнению является следствием водоотталкивающего эффекта гидрофобности силиконовой резины, которая даже передает этот эффект на загрязнение.

Новейшие ОПН в полимерном корпусе могут иметь клеточную конструкцию. При использовании таких же металлоксидных резисторов они имеют те же превосходные электрические характеристики, что и ОПН типа ЗЕР и ЗEQ. Разница заключается в том, что ОПН типа ЗЕЛ (рис. 4.5-4) обладают механической прочностью благодаря клетке, состоящей из армированных волоконми пластиковых стержней. Кроме того, чтобы предотвратить проникновение влаги и возникновение частичных разрядов, вся активная часть полностью покрыта силиконовой резиной. Выбранная компанией Siemens ОПН в полимерном корпусе, а также используемые компанией высококачественные материалы обеспечивают целый ряд преимуществ, среди которых длительный срок службы и пригодность для наружной установки, высокие механические характеристики и простота утилизации.

Еще одним видом ОПН являются ОПН с элегазовой изоляцией в металлическом корпусе (ОПН для КРУЭ, рис. 4.5-5). Компания Сименс изготавливает такие ОПН уже 25 лет. Есть две причины, по которым такие ОПН, применяемые с КРУЭ, как правило, обеспечивают более высокую степень защиты, чем отдельно стоящие ОПН: первая - они могут быть установлены ближе к защищаемому оборудованию, что позволит снизить воздействие бегущей волны более эффективно, вторая - меньшая по сравнению с отдельно стоящими ОПН индуктивность (как присоединительных проводов, так и самого ОПН). Это означает, что ОПН в составе КРУЭ обеспечивают намного лучшую, по сравнению с другими способами, защиту, особенно при импульсах с большой крутизной фронта или высокой частоты, к которым КРУЭ особенно чувствительно.

Мониторинг

Компания Сименс так же предлагает широкий спектр устройств для диагностики и мониторинга состояния ОПН. Инновационное устройство мониторинга ОПН (рис. 4.5-6) является главным элементом линейки продуктов по мониторингу ОПН в соответствии с IEC 61850.



Рис. 4.5-4: ОПН клеточной конструкции типа ЗЕЛ



Рис. 4.5-5: ОПН с элегазовой изоляцией (ОПН для КРУЭ)



Рис. 4.5-6: ОПН среднего напряжения для специального применения



Рис. 4.5-7: Устройство мониторинга состояния ОПН

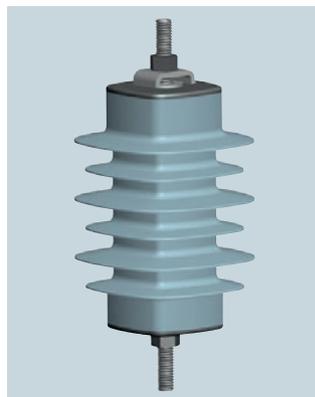


Рис. 4.5-8: ОПН среднего напряжения ЗЕК4 для распределительных сетей

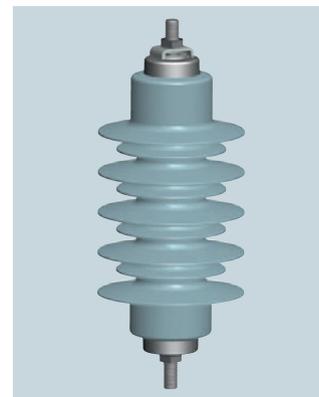


Рис. 4.5-9: ОПН среднего напряжения ЗЕК7 для распределительных сетей

4.5.2 ОПН и ограничители среднего и низкого напряжения

ОПН и ограничители защищают оборудование как от внешних перенапряжений, вызванных ударами молнии в воздушные линии, так и от внутренних перенапряжений, вызванных коммутационными операциями или коротким замыканием на землю. Как правило, ОПН устанавливают между фазой и землей. Встроенная группа нелинейных, зависящих от напряжения резисторов (варисторов), изготовленных из оксида цинка (ZnO), становится

проводником при определенном уровне перенапряжения, благодаря чему энергия импульса перенапряжения может быть отведена на землю. Когда напряжение промышленной частоты становится ниже этого предельного значения, которое называется разрядным напряжением, варисторы возвращаются к своему исходному значению сопротивления, поэтому только ток утечки величиной в несколько мА течет при рабочем напряжении. Поскольку данный ток утечки нагревает резисторы и разрядник, для предотвращения недопустимого перегрева разрядника устройство должно быть разработано с учетом режима нейтрали системы.

4

	Специальное применение	Применение на железной дороге				Распределительные сети среднего напряжения	
		ЗЕВ2	ЗЕС3	ЗЕВ4	ЗЕВ1	ЗЕК4	ЗЕК7
Применение	Электродвигатели, сухие трансформаторы, системы освещения взлетно-посадочных полос, ограничители напряжения на корпусе, защита преобразователей для приводов	Контактные сети 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 самой высокой скорости	Распределительные сети и распределительные устройства среднего напряжения	Распределительные сети и распределительные устройства среднего напряжения
Максимальное напряжение для оборудования (Um), кВ	12	2	4	72.5	30	45	72.5
Максимальное номинальное напряжение кВ	15	2	4	60 (перем. ток); 4 (пост. ток)	37 (перем. ток); 4 (пост. ток)	36	60
Номинальный разрядный ток, кА	ЗЕФ1 1 ЗЕФ3 1 ЗЕФ4 10 ЗЕФ5 10	10	10	10	10	10	10
Удельная энергоемкость на 1 кВ наибольшего рабочего напряжения, кДж/кВ	ЗЕФ1 0,8 ЗЕФ3 4 ЗЕФ4 12,5 ЗЕФ5 8	10	10	8 (перем. ток); 10 (пост. ток)	8 (перем. ток); 10 (пост. ток)	3.5 ¹⁾	3.5 ¹⁾
Импульс тока длительностью 2000 мкс, А	ЗЕФ4 1,600 ЗЕФ5 1,200	1,200	1,200	850 (перем. ток); 1 200 (пост. ток)	850 (перем. ток); 1 200 (пост. ток)	325	325
Ток термической стойкости, кА	40	40	40	40	40	20	20
Устройство ОПН или ограничителя	Полиэтилен	Композит	Фарфор	Композит	Композит	Композит	Композит
Принцип разработки	ЗЕФ1 - резисторы, непосредственно покрытые полиэтиленом; ЗЕФ3/ЗЕФ4/ЗЕФ5 - полый изолятор	Резисторы, непосредственно покрытые полиэтиленом	Полый изолятор	Полый изолятор, трубка из волокна непосредственно покрыта композитом	Полый изолятор, трубка из волокна непосредственно покрыта композитом	«Клетка», металлоксидные резисторы непосредственно покрыты композитом	«Клетка», металлоксидные резисторы непосредственно покрыты композитом
Устройство сброса давления	Нет	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет

¹⁾ Испытания на энергоемкость при эксплуатации - по МЭК 60099-4

Табл. 4.5-1: Металлоксидные ОПН и ограничители среднего напряжения (от 300 В до 72.5 кВ)

	Фарфор				Композит						
	ЗЕР5	ЗЕР4	ЗЕР6	ЗЕР3	ЗЕЛ5	ЗЕЛ1	ЗЕЛ2	ЗЕQ1	ЗЕQ4	ЗЕQ3	ЗЕQ5
											
Применение	Сети среднего и высокого напряжения, открытая установка	Сети среднего и высокого напряжения, открытая установка	Сети среднего и высокого напряжения, открытая установка	Сети высокого напряжения, наружной установки, для применения в электропередачах постоянного тока высокого напряжения, для синхронных компенсаторов и статических тиристорных компенсаторов	Сети среднего и высокого напряжения, для применения на подстанциях и ВЛ	Сети среднего и высокого напряжения, для применения на подстанциях и ВЛ	Сети среднего и высокого напряжения, для применения на подстанциях и ВЛ	Сети среднего и высокого напряжения, открытой установки	Сети высокого напряжения, открытой установки	Системы высокого напряжения, внешние установки, для применения при постоянном токе высокого напряжения (HVDC), для синхронных (SC) и статически регулируемых компенсаторов (SVC)	Сети высокого напряжения, открытой установки. Также для применения в электропередачах постоянного тока высокого напряжения.
Максимальное напряжение для оборудования (Um), кВ	123	362	550	800	145	362	550	362	550	800	1,200
Максимальное номинальное напряжение кВ	96	288	468	612	126	288	468	288	468	612	850
Номинальный разрядный ток, кА	10	10	20	20	10	10	20	10	20	20	20
Класс разряда линии	3	3	5	5	2	2	4	3	5	5	5
Удельная энергоемкость на 1 кВ наибольшего рабочего напряжения, кДж/кВ	8	8	14	25	2	5	10	8	18	25	66
Импульс тока длительностью 2000 мкс, А	1100	1100	2000	7000	550	750	1200	1100	3200	8500	11000
Ток термической стойкости, кА	40	65	65	100	20	65	65	50	80	80	80
Максимально допустимая механическая нагрузка, кНм	2.0 (SSL) ¹⁾	3 (SSL) ¹⁾	16.0 (SSL) ¹⁾	34 (SSL) ¹⁾	0.5 (SSL) ¹⁾	1.2 (SSL) ¹⁾	4.0 (SSL) ¹⁾	6.0 (SSL) ¹⁾	38 (SSL) ¹⁾	72 (SSL) ¹⁾	225 (SSL) ¹⁾
Материал корпуса	Фарфор				Композит						
Устройство ОПН	Полый изолятор				Металлоксидный резисторы, непосредственно покрытые композитом			Полый изолятор, трубка из волокна непосредственно покрыта композитом			
Устройство сброса давления	Да				Нет			Да			

¹⁾ SSL = Кратковременная нагрузка

Табл. 4.5-2: ОПН высокого напряжения (от 72.5 до 1200 кВ)

В отличие от обычного ОПН, ограничитель перенапряжений имеет последовательно соединенные искровые промежутки в дополнение к варисторам. Если нагрузка в результате перенапряжения достаточно велика, искровые промежутки пробиваются, и перенапряжение может быть отведено на землю, пока не погаснет дуга в промежутках, а варисторы не вернуться в свое непроводящее состояние. Этот процесс неоднократно повторяется на протяжении всего времени короткого замыкания. Это позволяет разработать устройство с разрядным напряжением значительно ниже, чем у обычного ОПН, что особенно полезно для защиты электродвигателей, изоляция которых имеет малую диэлектрическую прочность. Для обеспечения достаточной степени защиты значение разрядного напряжения ОПН и ограничителей не должно превышать диэлектрическую прочность изоляции защищаемого оборудования.

Ассортимент изделий среднего напряжения включает в себя:

- ОПН типа ЗЕВ и ЗЭС для применения в сетях железных дорог как постоянного, так и переменного напряжения (рис. 4.5-7).
- Линейка ОПН и разрядников для защиты двигателей, сухих трансформаторов, систем освещения взлетно-посадочных полос и оболочек кабелей, а так же преобразователей электродвигателей (рис. 4.5-6).
- ОПН в полимерном корпусе типа ЗЕК для распределительных сетей, для применения в распределительных устройствах и на ВЛ до 72.5 кВ, для наружной установки (рис. 4.5-8, 4.5-9).

Обзор всех ОПН производства компании Сименс приведен в таблицах 4.5-1 - 4.5-3 .

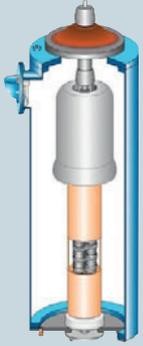
	ЗЭС5-С/М/Н, ЗЭС4-К 3-фазный	ЗЭС2-Е 1-фазный	ЗЭС4-Л, ЗЭС5-Н 1-фазный	ЗЭС9-Ј 1-фазный	ЗЭС с использо- ванием масла SF ₆ 1-фазный	ЗЭС6 3-фазный	
							
Применение	Сети высокого напряжения, защита КРУЭ						
Максимальное напряжение для оборудования, кВ (U_m)	кВ	170	245	550	800	550	420
Номинальное напряжение, кВ	кВ	156	216	444	612	444	336
Номинальный разрядный ток, кА	кА	20	20	20	20	20	20
Класс разряда линии		4	4	5	5	5	5
Удельная энергоемкость на 1 кВ наибольшего рабочего напряжения, кДж/кВ	кДж/кВ	10	10	13	18	13	7
Импульс тока длительностью 2000 мкс, А	А	1200	1200	1600	2100	1600	1600
Ток термической стойкости, кА	кА	63	50	63	63	63	63
Максимально допустимая механическая нагрузка, кНм	кНм	—					
Материал корпуса		металл					
Устройство сброса давления		Да					

Табл. 4.5-3: ОПН в составе КРУЭ (72.5 - 800 кВ)

Для получения дополнительной информацией свяжитесь с:
 Факс: + 49 30 3 86-3 32 22
 Электронная почта: arrester.energy@siemens.com

4.6 Измерительные трансформаторы

4.6.1 Измерительные трансформаторы высокого напряжения

Введение

Измерительные трансформаторы преобразовывают высокие токи и напряжения к стандартизированным низким и легко измеряемым значениям. Измерительные трансформаторы обеспечивают выдачу сигналов, которые являются очень точным представлением параметров электропередачи по фазе и амплитуде. Это позволяет рассчитывать прибыль с высокой точностью.

При использовании для защиты измерительный трансформатор должен точно отображать состояние электропередачи как в установившемся, так и в переходном режиме. Сигналы от измерительных трансформаторов являются основанием для оперирования силовыми выключателями при КЗ и, таким образом, основой безопасности и надежности сети.

Измерительные трансформаторы, используемые для управления сетью, предоставляют информацию, необходимую для определения состояния сети.

Надежность и безопасность

Под надежностью измерительного трансформатора предполагается его способность постоянно соответствовать предписанным критериям эффективности функционирования на протяжении ожидаемого срока службы при определенных условиях эксплуатации. Под безопасностью понимаются допустимость и последствия отказа измерительного трансформатора в аварийном режиме, вызванного превышением нагрузок над теми, для которых он был спроектирован, или достижения трансформатором конца срока его службы.

Характеристики надежности и безопасности измерительного трансформатора определяются его исполнением, технологией изготовления и особенностями расположения. Уровень частичных разрядов при эксплуатации - ключевой фактор при расчете ожидаемого срока службы и надежности измерительного трансформатора при длительной эксплуатации.

По МЭК уровень частичных разрядов для измерительных трансформаторов с масляной или элегазовой изоляцией не должен превышать 10 пкКл при наибольшем рабочем напряжении. С учетом растущих современных требований к сетям высокого и сверх-высокого напряжения Trench Group решила применять еще более жесткие внутренние требования. Собственно, измерительные трансформаторы Trench имеют значительно лучшие характеристики, чем предписаны в стандартах, что подтверждено опытом эксплуатации. Измерительные трансформаторы могут иметь масляную (рис. 4.6-2) или элегазовую изоляцию (рис. 4.6-1).

Маслонаполненные измерительные трансформаторы

Надежность и безопасность маслонаполненных измерительных трансформаторов Trench доказана 50-летним опытом и эксплуатацией более 100 000 устройств в самых разнообразных условиях окружающей среды. В основе трансформатора лежит современная конструкция и применения мер для обеспечения безопасности при КЗ. В случае неожиданных чрезмерных нагрузок в сети безопасность достигается установкой изоляционных барьеров в маслонаполненном трансформаторе. Барьеры устанавливаются в критически важных местах маслонаполненного трансформатора и предотвращают образование угольных волокон в масле в случае КЗ.

Кроме того, невозможно разрушение корпуса измерительного

трансформатора, в особенности полого изолятора с находящимся внутри емкостным вводом. Это невозможно благодаря тщательному вычислению размеров и соединению корпуса обмотки с землей.

При повышении давления безопасность обеспечивается:

- Сварным корпусом
- Расширителем для масла.

В случае серьезного нарастания внутреннего давления сварные швы, соединяющие верхнюю и нижнюю части главного корпуса, и металлические расширители предназначены для уменьшения давления.

Так как обычно давление внутри измерительного трансформатора составляет 1 бар (абс.), то компенсаторы могут быть разработаны таким образом, чтобы они срабатывали при очень небольшом давлении. Дополнительная безопасность обеспечивается при выборе композитных изоляторов, которые доступны для всех измерительных трансформаторов как альтернатива традиционным фарфоровым.

Для компенсации давления в емкостных трансформаторах напряжения используется игла, прокалывающая компенсатор. Кроме того, применяются фарфоровые изоляторы, достаточно прочные, чтобы выдержать быстрое возрастание давления до того, как будут выбиты защитные крышки на концах изоляторов, без разрушения самого изолятора.

Газонаполненные измерительные трансформаторы

Основой надежности и безопасности газонаполненных измерительных трансформаторов Trench является следующее:

- 50-летний опыт производства измерительных трансформаторов с использованием эпоксидной смолы и промасленной бумаги
- Тысячи газонаполненных измерительных трансформаторов, функционирующих в разных условиях окружающей среды.

Взрывобезопасная конструкция

Современные газонаполненные измерительные трансформаторы Trench были разработаны в 1965 году как ответ на запрос клиентов, которые хотели получить взрывобезопасное оборудование. Для этой цели особенно подходит элегазовая изоляция в сочетании с композитными изоляторами, поскольку в случае внутреннего перекрытия изоляции повышение давления будет линейным, и поэтому управляемым. Устройство контролируемого снижения давления в верхней части трансформатора (разрывная мембрана) устраняет неприемлемые механические нагрузки в корпусе; т.е., разрывается только разрывная мембрана. Газ выходит наружу, но трансформатор остается неповрежденным, и взрыва не происходит.

Наиболее важные свойства изоляции

Элегаз (SF_6) – это главная изоляционная среда между высоким напряжением и землей. Стабильное качество изоляции обеспечивают применение элегаза, изготовленного по МЭК 60137(2005)/ASTM 2472 D и тот факт, что элега является инертным, т.е. сохраняет свои свойства даже при сильных электрических и термических воздействиях.

Полная функциональная безопасность и контроль

Гарантированная скорость утечки элегаза (SF_6) составляет менее 0,5% в год. Давление газа можно проверить на месте при помощи устройства дистанционного контроля, т.е., денсиметра с контактами для обеспечения дистанционного контроля. В случае утечки элегаза трансформатор все еще может работать при номинальном давлении.

Экологичность в тяжелых условиях эксплуатации

Элегаз (SF_6) абсолютно безопасен для человека. Он безопасен для экологии в плане токсичности, а его продукты распада не оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду, например, не загрязняют подземные воды. Эта изоляционная элегазовая среда обеспечивает простоту утилизации измерительных трансформаторов. Более того, гидрофобные свойства композитного изолятора обеспечивают отсутствие сложностей при эксплуатации даже в условиях соляного тумана и сильного загрязнения. В качестве долговременного преимущества, при наличии новых требований, как, например, дополнительный учет электроэнергии, замена сердечников или обмотки даже через определенное количество лет выполняется без каких-либо проблем.

Трансформаторы тока

Все трансформаторы тока (ТТ) производства Trench являются опорными. Производятся трансформаторы тока с масляной (рис. 4.6-2, 4.6-3) или элегазовой изоляцией (рис. 4.6-4).

Особенности ТТ с масляной изоляцией

- Небольшой вес и минимальный объем масла
- Отличные сейсмические характеристики достигаются в результате оптимизации конструкции фланцев, широкого выбора вариантов фарфора, а так же их соединения небольшого веса
- Имеются ТТ с номинальными напряжениями от 72.5 до 550 кВ и токов от нескольких ампер до 5000 А с многовитковыми первичными обмотками для малых первичных токов. Изменение коэффициента трансформации возможно как на первичной, так и на вторичной обмотке.
- Короткий симметрично расположенный проводник первичной обмотки с низкой индуктивностью в виде шины выдерживает токи КЗ до 80 кА и обеспечивает малое падение напряжения в первичной обмотке
- Отличный контроль внутреннего и внешнего напряжения благодаря емкостному вводу
- Герметизация при помощи стального расширителя и высококачественных уплотнительных колец
- Равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как при номинальном, так и при высоком токе
- Неподверженность влиянию внешних магнитных полей
- Сохранение точности на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Использование коррозионно-стойких материалов
- Любой ТТ с масляной изоляцией может быть оснащен композитным изолятором.



Рис. 4.6-1: Трансформатор тока 800 кВ с элегазовой изоляцией

Рис. 4.6-2: Трансформатор тока 550 кВ с масляной изоляцией

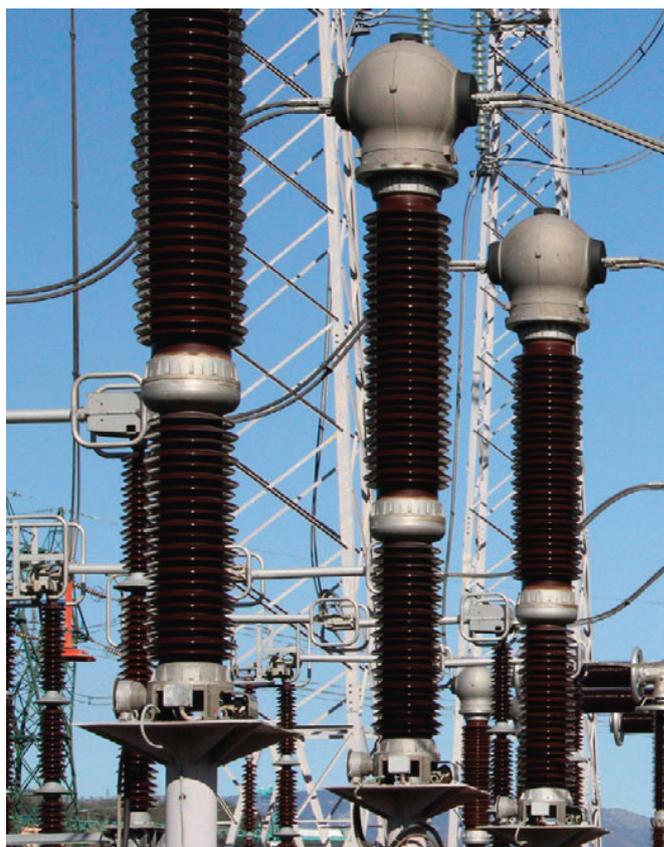


Рис. 4.6-3: Трансформатор тока 420 кВ с элегазовой изоляцией

Особенности ТТ с элегазовой изоляцией

- Взрывобезопасное исполнение благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Отличная сейсмическая устойчивость благодаря свойствам композитных изоляторов
- Имеются ТТ с номинальными напряжениями от 72.5 до 800 кВ и токов от 100 до 4800 А
- Стойкая к КЗ первичная обмотка в виде короткой шины с малым реактивным сопротивлением
- Оптимальное распределение поля достигается благодаря вводам, специально разработанным для этих ТТ
- Многовитковые первичные обмотки для низких первичных токов и равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как при номинальном, так и при высоком токе
- Сохранение точности на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Использование коррозионно-стойких материалов
- Замена магнитопровода возможна без нарушения целостности изоляции.

Индуктивные трансформаторы напряжения

Индуктивные трансформаторы напряжения (ТН) имеют номинальное напряжение от 72.5 до 800 кВ и применяются для измерения и защиты. Индуктивные ТН выпускаются с масляной (рис. 4.6-5) или элегазовой (рис. 4.6-6) изоляцией.

Особенности ТН с масляной изоляцией

- Небольшой вес и минимальный объем масла
- Отличные сейсмические характеристики получены благодаря оптимизации конструкции фланцев, широкому выбору вариантов прочности фарфора, их соединениям и небольшому весу
- Имеются ТН с номинальными напряжениями от 72.5 до 550 кВ
- Отличный контроль напряжения благодаря емкостным вводам.
- Оптимизированная обмотка высокого напряжения обеспечивает равномерные электрические нагрузки, как в установившемся, так и в переходном режиме
- Неподверженность воздействию внешних магнитных полей
- Герметичный расширитель из нержавеющей стали для устройств с номинальным напряжением 123 кВ и выше
- Постоянная точность на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Возможность заземления линий через ТН
- Возможность применения в качестве силового трансформатора малой мощности
- Использование коррозионно-стойких материалов
- Все ТН могут быть снабжены композитным изолятором.

Особенности ТН с элегазовой изоляцией

- Взрывобезопасное исполнение благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Великолепные сейсмические характеристики благодаря свойствам композитного изолятора
- Доступно для всего диапазона напряжений от 72.5 кВ до 800 кВ
- Оптимальное распределение поля достигается при помощи емкостного ввода, разработанного специально для этих ТН.



Рис. 4.6-4: Индуктивный трансформатор напряжения 420 кВ с масляной изоляцией



Рис. 4.6-5: ТН 765 кВ с элегазовой бумажно-масляной изоляцией



Рис. 4.6-6: Ёмкостный ТН 245 кВ

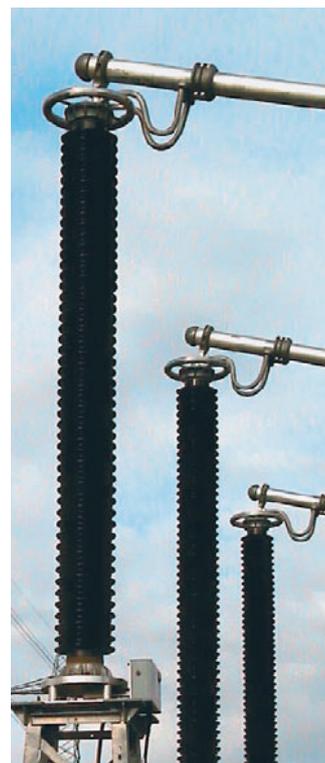


Рис. 4.6-7: Резистивно-емкостные делители (переменный ток) для РУ в воздушной изоляции на 420 кВ

- Линейка ТН не подверженных феррорезонансу без внешних компенсирующих устройств. Дополнительная информация - по запросу
- Неподверженность воздействию внешних магнитных полей
- Неизменная точность на протяжении длительного времени
- Возможность заземления линий через ТН
- Оптимизированная первичная обмотка обеспечивает одинаковые нагрузки в установившемся и переходном режиме
- Использование коррозионно-стойких материалов
- Возможность применения в качестве силового трансформатора малой мощности.

Емкостные ТН (с масляной изоляцией)

Конденсаторы связи применяются для передачи высокочастотных сигналов по ВЛ. Конденсатор связи оснащенный электромагнитным устройством называется емкостным трансформатором напряжения и применяется для измерений и защит (рис. 4.6-7).

Особенности

- Возможность передачи высокочастотных сигналов
- Оптимизированная изоляция, использующая последние достижения в технике с минеральным маслом или синтетическими жидкостями
- Постоянство емкости и точность на протяжении длительного времени благодаря системе прижима элементарных конденсаторов
- Обеспечение целостности изолятора на протяжении длительного времени благодаря расширителю из нержавеющей стали
- Предусмотрена система сброса давления в случае пробоя внутренней изоляции
- Фарфор высокой прочности позволяет устанавливать крупные ВЧ-заградители прямо на ТН, соответственно экономя затраты на установку оборудования
- Корпус из алюминия, заполненный маслом, не требует обслуживания
- Отличные характеристики в переходных режимах
- Требования к контролю качества и уровню частичных разрядов, а также прочности изоляции превышают требования международных стандартов
- Не подвержены феррорезонансу с сетью и уравнительными конденсаторами силовых выключателей
- ТН с большой емкостью, установленные в непосредственной близости от силовых выключателей сверхвысокого напряжения могут улучшить их коммутационную способность и характеристики ПВН.

Электронная система измерения напряжения для систем постоянного тока высокого напряжения (HVDC)

Компания Trench предлагает специальные трансформаторы напряжения для электропередач постоянного тока высокого напряжения. Эти устройства в основном используются с целью контроля вентилей ВН выпрямителей и инверторов. Система измерения состоит из резистивно-емкостного делителя напряжения, передающего входные сигналы для специального электронного усилителя. Делитель может поставляться как для наружной установки, так и для установки в КРУЭ.

Полученная система может точно преобразовывать напряжение в пределах определенного диапазона нагрузок с частотными характеристиками приблизительно до 10 кГц. Таким образом, система является идеальным вариантом для измерения динамических и переходных процессов, а также гармоник, связанных с электропередачами постоянного тока высокого напряжения.



Рис. 4.6-8: Комбинированный измерительный трансформатор 245 кВ с масляной изоляцией

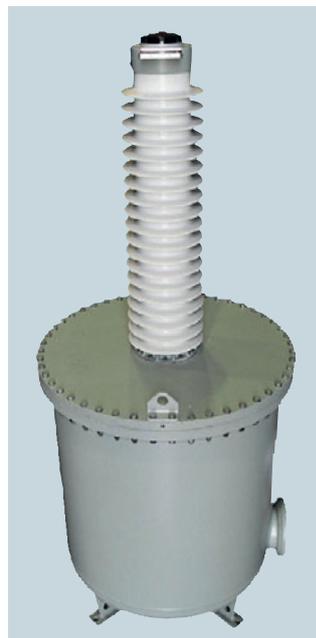


Рис. 4.6-9: Газонаполненные силовые трансформаторы напряжения для распределительных устройств с воздушной изоляцией (AIS) на 145 кВ и 100 кВ



Рис. 4.6-10: Комбинированный измерительный трансформатор 420 кВ с элегазовой изоляцией

Комбинированный измерительный трансформатор

Комбинированный измерительный трансформатор предлагает проектировщику возможность совмещения трансформатора тока и трансформатора напряжения в одном отдельно стоящем устройстве. Это обеспечивает оптимальное использование пространства подстанции при экономии затрат путем исключения одного набора монтажных чертежей и опорных конструкций. Кроме того, при этом значительно сокращается время на установку. Комбинированные измерительные трансформаторы могут иметь масляную (рис. 4.6-8) или элегазовую (рис. 4.6-10, 4.6-12) изоляцию).

Особенности комбинированных измерительных трансформаторов с масляной изоляцией

- Небольшой вес и минимальный объем масла
- Короткий, симметрично расположенный проводник первичной обмотки с низким реактивным сопротивлением в виде шины способен выдерживать большие токи КЗ и обеспечивает малое падение напряжения на первичной обмотке.
- Контроль внешней и внутренней изоляции благодаря емкостному вводу
- Имеются комбинированные измерительные трансформаторы с номинальным напряжением от 72.5 до 300 кВ и для токов от 0.5 до 5000 А
- Отличные сейсмические характеристики получены благодаря оптимизации конструкции фланцев, широкому выбору вариантов прочности фарфора, их соединений и легкому весу
- Герметизация посредством расширителя из нержавеющей стали и уплотнительных колец высокого качества
- Благодаря совмещению функций с одним устройстве требуется только одна опорная конструкция для установки
- Равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как для номинальных, так и для высоких значений тока
- Неподвержен воздействию внешних магнитных полей
- Неизменная точность на длительном промежутке времени
- Отличные характеристики при переходных процессах
- Возможно заземление линии через ТН
- Применение коррозионноустойчивых материалов
- Любой комбинированный измерительный трансформатор может быть оснащен композитным изолятором.

Особенности комбинированных измерительных трансформаторов с элегазовой изоляцией

- Опорная конструкция измерительного трансформатора
- Малый вес и компактная конструкция
- Взрывобезопасная конструкция благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Великолепные сейсмические характеристики благодаря свойствам композитного изолятора
- Односекционная катушка высокого напряжения (не каскадная) позволяет изготовить комбинированный трансформатор с номинальным напряжением до 800 кВ
- Равномерное распределение поля благодаря специально разработанному для данной конструкции вводу
- Линейка трансформаторов, не подверженных феррорезонансу, без внешних компенсирующих устройств
- Первичная обмотка с малым реактивным сопротивлением позволяет выдерживать большие токи КЗ.
- Меньшая занимаемая площадь по сравнению с отдельно стоящими ТТ и ТН
- Неподверженность воздействию внешних магнитных полей
- Применение коррозионноустойчивых материалов.

Измерительные трансформаторы для КРУЭ

В дополнение к измерению напряжения и тока, этот тип измерительного трансформатора для измерения напряжения (индуктивный) обладает лучшей способностью к заземлению ВЛ (рис. 4.6-11, 4.6-14, 4.6-15, 4.6-16).



Рис. 4.6-11: Трансформаторы тока 330 кВ с масляной изоляцией



Рис. 4.6-12: Комбинированный измерительный трансформатор 800 кВ с элегазовой изоляцией



Рис. 4.6-13: Индуктивный трансформатор напряжения для КРУЭ 145 кВ

Особенности ТН индуктивного типа

- Измерительные трансформаторы, разработанные согласно требованиям клиента для каждого конкретного варианта применения, а также расширенная функциональность конструкции с соблюдением пространственных ограничений, размеров фланцев и требований к изоляции
- Стандартные конструкции для 1-фазных и 3-фазных устройств
- Соответствует национальным и международным стандартам в отношении нормативов для герметичных конструкций
- Предотвращение возникновения устойчивого феррорезонанса при помощи встроенного подавления феррорезонанса
- Защита от переходных перенапряжений в соответствии со стандартами МЭК. Возможность специального дополнительного экранирования
- Гарантированная утечка элегаза менее 0,5% в год.
- Разрывная мембрана и газоотводный патрубок
- Все компоненты предназначены и испытаны для механических нагрузок не менее 20g
- Классы точности в соответствии со стандартами DIN VDE 0414, МЭК 60044, ANSI: IEEE C57.13, AS 1243 (и другими стандартами и классами по запросу)
- Шок-индикаторы для определения недопустимых нагрузок при транспортировке.

Резистивно-емкостные (RC) делители напряжения

Резистивно-емкостные делители напряжения, которые еще называют резистивно-ёмкостными трансформаторами напряжения, предназначены для измерения напряжения в электропередачах постоянного тока высокого напряжения, ОРУ (рис. 4.6-13) и КРУЭ (рис. 4.6-12). В системах переменного тока RC-делители напряжения используются для измерения гармоник и дают точные результаты в диапазоне частот от 0 до 500 кГц.

Особенности RC-делителей напряжения

- Резистивно-емкостный (RC) делитель для измерения напряжения
- Позволяет применять микропроцессорную технику на вторичной стороне
- Отсутствие феррорезонанса
- Возможность проведения высоковольтных испытаний на месте
- 1-фазная или 3-фазная система
- Существенное снижение размера и веса.



Рис. 4.6-14: RC-делитель напряжения для КРУЭ 145 кВ



Рис. 4.6-15: Силовой ТН для КРУЭ 145 кВ



Рис. 4.6-16: Трансформатор тока вне газового объема для КРУЭ 420 кВ

LoPo – преобразователи низкой мощности

Преобразователи тока малой мощности (LPCT) и преобразователи напряжения малой мощности (LPVT) могут использоваться в широком спектре устройств среднего и высокого напряжения, заменяя собой традиционные трансформаторы тока и напряжения, используемые для защит и измерений.

Особенности

- Преобразователи напряжения основаны на резистивных, ёмкостных, а также резистивно-ёмкостных делителях
- Работа преобразователей тока основана ферромагнитной конструкции или на конструкции без магнитопровода, обеспечивая вторичное напряжение, представляющее первичный ток
- Стандартные кабели и разъемы; витая пара и кабели с двойным экраном
- Возможность подключения для большого количества защитных функций и измерительных устройств
- Цельнометаллический корпус, обеспечивающий безопасность оператора
- Совместим с любыми методами текущих испытаний КРУЭ и кабелей
- Преобразователи тока обеспечивают линейную зависимость параметров до величин токов КЗ
- Высокая ЭМ-совместимость: не подвержены воздействию радио- и ЭМ-помех.

Преимущества

- Система совместима с микропроцессорными системами защит и измерений
- Простота сборки при малом весе и компактных размерах
- Нет проблем с вторичными цепями: преобразователи напряжения защищены от воздействия токов КЗ, а преобразователи тока могут иметь разомкнутую вторичную обмотку
- В преобразователях напряжения отсутствует феррорезонанс
- Экологическая безопасность (без масла).

Нетрадиционные измерительные трансформаторы

Традиционные измерительные трансформаторы обеспечивают высокую выходную мощность при проверенной технологии изоляции, при этом используется в основном технология индуктивности. Нетрадиционные измерительные трансформаторы (NCIT) – это устройства измерения силы тока и/или напряжения, обеспечивающие низкую выходную мощность (<0.5 ВА). Предоставляемые компанией Trench технологии NCIT – это трансформаторы тока низкой мощности с выходом напряжения и резистивно-ёмкостными делителями; оба эти устройства описаны в предыдущих главах. Они работают в широком линейном диапазоне, а их выходные сигналы подходят для сопоставления современного вторичного оборудования, такого как устройства объединения (MU).

Устройства объединения преобразовывают выходные сигналы как традиционных, так и нетрадиционных измерительных трансформаторов в цифровые сигналы в соответствии с протоколом МЭК 61850-9-2. На выходе получается стандартный поток данных, не зависящий от свойств датчика. Измерения распределяются при помощи одного оптического Ethernet-соединения. Единственная нагрузка измерительных трансформаторов – это сопротивление на входе устройства объединения. Устройства объединения Trench находятся на стадии подготовки.



Рис. 4.6-17: КРУЭ 8DN8 компании Siemens на 145 кВ с трансформатором напряжения и трансформатором тока от компании Trench

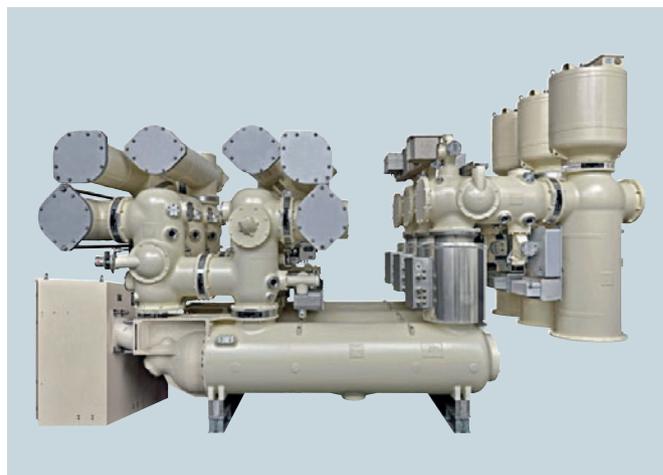


Рис. 4.6-18: КРУЭ 8DN9 компании Siemens на 300 кВ с трансформатором напряжения Trench и трансформатором тока от Trench с сердечником в воздушной среде

4.6.2 Силовые трансформаторы напряжения

Силовые трансформаторы напряжения для распределительных устройств с воздушной изоляцией (AIS)

Силовые трансформаторы напряжения не требуют крупных вложений для обеспечения подачи электроэнергии удаленным клиентам. Для обеспечения подачи электроэнергии для конкретных целей силовые трансформаторы напряжения просто необходимо подсоединить непосредственно к высоковольтной воздушной линии. Силовые трансформаторы напряжения для открытых распределительных устройств (ОРУ) представлены на рис. 4.6-9.

Свойства силовых трансформаторов напряжения для открытых распределительных устройств (ОРУ)

- Функционирование во всем диапазоне напряжений 72,5 кВ до 800 кВ
- Силовой усовершенствованный трансформатор напряжения с элегазовой (SF₆) или масляной изоляцией обладает проверенной надежностью
- Композитный изолятор (стекловолоконная изоляция с силиконовыми юбками)
- Не требует технического обслуживания
- Однофазный блок.

Применение

- Подача электропитания к удаленным фермам и небольшим селам
- Подача электропитания к базовым станциям для мобильных телефонов
- Дополнительная подача электропитания для подстанций
- Подача питания в ходе строительных работ на подстанции.

Силовые трансформаторы напряжения для КРУЭ

Индуктивный трансформатор напряжения с другими активными элементами становится силовым трансформатором напряжения, позволяющим проводить высоковольтные испытания первичной системы без специального высоковольтного оборудования для испытаний. Силовые трансформаторы напряжения для КРУЭ представлены на рис. 4.6-15.

Свойства силовых трансформаторов напряжения для КРУЭ

- Имеют размеры, аналогичные стандартным трансформаторам напряжения, а также могут использоваться в качестве стандартных трансформаторов напряжения
- Отсутствие необходимости в дополнительном пространстве для установки огромных устройств для проведения высоковольтных испытаний
- Отсутствие необходимости в использовании элегаза на площадке для подготовки испытаний
- Сниженные требования к транспортировке и упаковке
- После испытания распределительное устройство можно ввести в эксплуатацию, при этом необходимость выполнения механических работ на первичной цепи отсутствует (т.е. как правило, установку для проведения высоковольтного испытания перед этим необходимо изъять)
- Легкость выполнения поддержки нейтральными компаниями, занимающимися проведением испытаний (к примеру, OMICRON), или испытательными учреждениями
- При использовании силовых трансформаторов напряжения проведение высоковольтных испытаний становится похожим на испытание защитного реле
- Легкие блоки позволяют работать на площадке без необходимости поднимать объекты или использовать подъемные приспособления
- Подача электропитания через стандартный выход розетки (например, 1-фазная, 230 В, 16 А)
- Испытательное оборудование помещено в транспортируемые ящики, что позволяет перевозить грузы в виде ручной клади во время переездов на площадку или при использовании обычной службы доставки
- Подготовка испытаний занимает несколько минут, т.е., после расширения ПС, повторной сборки или выполнения расширенных сервисных работ
- Отсутствие необходимости в крупных инвестициях в оборудование для испытаний, которое находится на площадке
- Возможность проведения исследований внезапных явлений на уровнях напряжения при диагностике частичных разрядов

Обзор всего ассортимента измерительных трансформаторов Trench приведен в таблицах с номерами от 4.6-1 до 4.6-7.

Трансформаторы напряжения для подстанций с газовой изоляцией (GIS)										
										
Тип		SAD/SA					Преобразователи тока низкой мощности (LPCT)			
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 - 550					72.5 - 550			
Промежуточный изоляционный материал		SF ₆					-			
Технические данные SAD/SA										
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550
Ток на выходе	[А]	1 - 5 (LoPo: 3,25 В)								
Номинальный кратковременный тепловой ток	[кА]	31.5			50			63		
Номинальное время короткого замыкания	[с]	1 - 3								
Номинальный рабочий ток	[кА]	78.75			125			160		
Номинальная частота	[Гц]	16 2/3 - 50 - 60								
Температурный диапазон	[°С]	-35 - +60								
Класс изоляции		E, F								
Класс точности измерения		0,1 – 0,2 – 0,2S – 0,5 – 0,5S – 1,0								
Класс точности защиты		5P - 10P - TPY - TPX - TPZ - TPS - PR - PX								

Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI)

Табл. 4.6-1: Технические данные трансформаторов тока Trench для подстанций с газовой изоляцией (GIS)

Трансформаторы напряжения / резистивно-емкостные (RC) делители для КРУЭ



Тип		SUD/SU						RCVD			
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 - 800						72.5 - 550			
Промежуточный изоляционный материал		SF ₆						Масло/SF ₆			
Технические данные SUD/SU											
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Испытательное 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	1 550
Номинальное вторичное напряжение	[В]	110/√3 - 200/√3 (другие значения по запросу) (активно-ёмкостный делитель переменного и постоянного тока: 5 – 200В)									
Фактор номинального напряжения		1.2 – 1.5 – 1.9 (другие значения по запросу)									
Номинальная частота	[Гц]	16.7 - 50 - 60									
Температурный диапазон	[°C]	-35 - +40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E									
Класс точности обмотки для измерений		0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0									
Нагрузка вторичной цепи на выходе		для разных классов в зависимости от технических условий заказчика									
Класс точности обмотки для защиты		3P - 6P									
Нагрузка вторичной цепи на выходе		для разных классов в зависимости от технических условий заказчика									
Максимальная нагрузка вторичных обмоток		2 000						3 000 ¹⁾			
IID		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI);
¹⁾действительно только для трансформаторов напряжения

Табл. 4.6-2: Технические данные трансформаторов напряжения Trench для КРУЭ

Трансформаторы тока для ОРУ

											
Тип		SAS			TAG			IOSK			
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 - 800			72.5 - 550			72.5 - 550			
Промежуточный изоляционный материал		SF ₆			SF ₆			Масло			
Композитный изолятор		X			X			X			
Керамический изолятор		X			X						
Технические данные SUD/SU											
Номинальное напряжение	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Испытательное 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	1 550
Номинальный первичный ток, до	[А]	5 000									
Номинальный вторичный ток	[А]	1 - 2 - 5									
Ток термической стойкости	[кА]	63 (80 по специальному заказу)									
Номинальное время короткого замыкания	[с]	1 - 3									
Ток электродинамической стойкости	[кА]	160 (200 по специальному заказу)									
Номинальная частота	[Гц]	16 % - 50 - 60									
Длина пути утечки	[мм/кВ]	25 - 31 (выше по запросу)									
Температурный диапазон	[°C]	-40 - +40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E (элегазовые приборы) - A (приборы с масляной изоляцией)									
Класс точности измерения		0.1 - 0.2 - 0.2S - 0.5 - 0.5S - 1.0									
Класс точности защиты		5P - 10P - TPY - TPX - TPZ - TPS - PR - PX									

Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI)

Табл. 4.6-3: Технические данные по трансформаторам тока Trench для ОРУ

Трансформаторы напряжения / резистивно-емкостные (RC) делители для ОРУ

											
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					
Промежуточный изоляционный материал		SF ₆	SF ₆	Масло	Масло	Масло	Масло/SF ₆				
Композитный изолятор		X	X	X	X	X	X				
Керамический изолятор		X	X	X	X	X					
Технические данные											
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Испытательное 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	1 550
Номинальное вторичное напряжение	[В]	110/√3 - 200/√3 (другие значения по запросу) (активно-ёмкостный делитель переменного и постоянного тока: 5 – 200В)									
Фактор номинального напряжения		1.2 – 1.5 – 1.9 (другие значения по запросу)									
Номинальная частота	[Гц]	16.7 - 50 - 60 (активно-ёмкостный делитель переменного и постоянного тока: 0 - 1 МГц)									
Длина пути утечки	[мм/кВ]	25 - 31 (выше по запросу)									
Температурный диапазон	[°C]	-40 .. +40 (другие значения по запросу)									
Класс изоляции		E (элегазовые приборы) - A (приборы с масляной изоляцией)									
Класс точности обмотки для измерений		0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0									
Нагрузка вторичной цепи на выходе (только переменный ток)		для разных классов, в соответствии со спецификацией клиента (очень низкие выходные нагрузки для резистивно-емкостного (RC) делителя > 100 кОм)									
Класс точности обмотки для защиты		3P - 6P									
Нагрузка вторичной цепи на выходе (только переменный ток)		для разных классов в зависимости от технических условий заказчика									
Максимальная нагрузка вторичных обмоток	[ВА]	3 000 ¹⁾									
Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI); ¹⁾ действительно только для трансформаторов напряжения											

Табл. 4.6-4: Технические данные по трансформаторам напряжения Trench для ОРУ

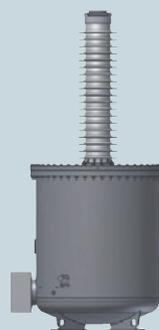
Комбинированные измерительные трансформаторы для ОРУ

											
Тип		SVAS	AVG	IVOKT							
Диапазон напряжения	[кВ]	72.5 - 800	72.5 - 245	72.5 - 300							
Промежуточный изоляционный материал		SF ₆	SF ₆	Масло							
Композитный изолятор		X	X	X							
Керамический изолятор			X	X							
Технические данные											
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[кВ]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Испытательное 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	1 550
Номинальная частота	[Гц]	16.7 - 50 - 60									
Длина пути утечки	[мм/кВ]	25 - 31 (выше по запросу)									
Температурный диапазон	[°C]	-40 - +40 (другие значения по запросу)									
Классификация трансформатора тока (ТТ)											
Номинальный первичный ток, до	[А]	5 000									
Номинальный вторичный ток, до	[А]	1 - 2 - 5									
Ток термической стойкости	[кА]	63 (80 по специальному заказу)									
Номинальное время короткого замыкания	[с]	1 - 3									
Ток электродинамической стойкости	[кА]	160 (200 по специальному заказу)									
Класс изоляции		E (элегазовые приборы) - A (приборы с масляной изоляцией)									
Класс точности обмотки для измерений		0.1 - 0.2 - 0.2S - 0.5 - 0.5S - 1.0									
Класс точности обмотки для защиты		5P - 10P - TPY - TPX - TPZ - TPS - PR - PX									
Классификация трансформатора напряжения (ТН)											
Номинальное вторичное напряжение	[В]	110/√3 - 200/√3 (другие значения по запросу)									
Фактор номинального напряжения		1.2 - 1.5 - 1.9 (другие значения по запросу)									
Класс точности обмотки для измерений		0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0									
Нагрузка вторичной цепи на выходе		для разных классов в зависимости от технических условий заказчика									
Класс точности обмотки для защиты		3P - 6P									
Нагрузка вторичной цепи на выходе		для разных классов в зависимости от технических условий заказчика									
Максимальная нагрузка вторичных обмоток	[ВА]	3 000 (другие значения по запросу)									

Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI)

Табл. 4.6-5: Технические данные по комбинированным измерительным трансформаторам Trench для ОРУ

Силовые трансформаторы напряжения для ОРУ



Тип		PSVS							
Уровень напряжения	[кВ]	123	145	170	245	300	362	420	550
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[кВ]	230	275	325	460	460	510	630	680
Испытательное напряжение грозового импульса	[кВ]	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[кВ]	-	-	-	-	850	950	1 050	1 175
Полезная мощность	[кВА]	100						75	65
		125 в процессе разработки							
Напряжение на выходе	[В]	120-400 (промежуточные значения в соответствии со спецификацией клиента)							
Фактор номинального напряжения		1.5 (30 с)							
Номинальная частота	[Гц]	50 .. 60							
Длина пути утечки	[мм/кВ]	25 - 31 (выше по запросу)							
Температурный диапазон	[°С]	-25 ¹⁾ - +40							
Класс изоляции		E							
Класс точности обмотки для измерений		0.2 ²⁾ - 0.5 ²⁾ - 1.0 ²⁾ - 3.0							
Класс точности обмотки для защиты		3P ²⁾ – 6P							

Значения в соответствии со стандартами МЭК; доступны другие значения, такие как ANSI ¹⁾ низкие температуры по запросу ²⁾ не в состоянии нагрузки

Табл. 4.6-б: Технические данные по силовым трансформаторам напряжения Trench для ОРУ

Силовые трансформаторы напряжения для КРУЭ



PSUD

Тип	PSUD			
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[кВ]	140	230	275
Испытательное напряжение грозового импульса	[кВ]	325	550	650
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[кВ]	-	-	-
Номинальная частота	[Гц]	50 - 60		
Полезная мощность	[кВА]	В зависимости от специфического для клиента цикла нагрузки		
Напряжение на выходе	[В]	в соответствии с требованиями (обычно – $110/\sqrt{3}$)		
Фактор номинального напряжения		1.9 в течение 8 ч		
Температурный диапазон	[°C]	-30 .. +50		
Класс изоляции		E		
Класс точности обмотки для измерений		согласно МЭК 61869-3		
Класс точности обмотки для защиты				

Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI)

Табл. 4.6-7: Технические данные по силовым трансформаторам напряжения Trench для КРУЭ

Для получения дополнительной информации:

Портфель измерительных трансформаторов:

<http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Instrument-Transformers>

4.7 Реакторы

Введение

Имея 60-летний успешный опыт работы, компания Trench является признанным мировым лидером в области проектирования и производства сухих токоограничивающих реакторов и силовых реакторов для применения в энергетике и промышленности. Уникальный подход разработки под заказ вместе с полностью объединенными инженерными и производственными объектами в Северной Америке, Бразилии, Европе и Китае позволили компании Trench стать мировым техническим лидером в области изготовления реакторов.

Активная деятельность в области энергетики вместе с существенными вложениями в инженерные работы, производство и испытания обеспечивают клиентам компании Trench высочайшее качество, надежность продукции, которая специально разрабатывается в каждом конкретном случае. Применение реакторов Trench начало свой рост от небольших устройств в распределительных сетях, токоограничивающих реакторов до сложных реакторов сверхвысокого напряжения мощностью более 300 МВА на фазу.

Реакторы изготавливаются в соответствии со стандартами ISO 9001, 14001 и 18001. Программа исследований и разработок Trench постоянно применяет новые технологии в изготовлении реакторов. Компания Trench приветствует решение новых задач в области применения реакторов.

Особенности конструкции

Особенностями конструкции сухого токоограничивающего реактора являются:

- Изоляция, пропитанная эпоксидной смолой
- Алюминиевая опорная конструкция, к которой приварены все токоведущие части
- Высочайшая механическая прочность и стойкость к токам КЗ
- Практически нулевое радиальное напряжение и равномерное распределение напряжения вдоль оси реактора между вводами.
- Низкий уровень шума на протяжении всего срока службы реактора
- Стойкая к погодным условиям конструкция с минимальными требованиями к техническому обслуживанию
- Расчетный срок службы - более 30 лет
- Конструкции реакторов соответствует нормативам ANSI/IEEE, МЭК, а также другим основным стандартам.

Конструкция

Токоограничивающие реакторы Trench с сухой изоляцией состоят из ряда параллельно соединенных отдельно изолированных друг от друга алюминиевых (медных по запросу) проводников (рис. 4.7-1). Эти проводники могут быть небольшими проводами или специальными кабелями, разработанными и изготовленными для особых вариантов применения. Размер и тип проводников, используемых в реакторах, зависит от технических характеристик реактора. Различные варианты и размеры применяемых проводников обеспечивают оптимальные параметры при наиболее низких затратах.

Обмотки механически усилены стекловолокном, пропитанным эпоксидной смолой, которое после тщательно выверенного цикла вулканизации образует оболочку для катушки. Сеть горизонтальных и вертикальных волокон в сочетании с оболочкой уменьшает вибрацию реактора и позволяет достичь максимальной механической прочности. Конец каждой обмотки присоединен к алюминиевой шине, которая называется крестовиной. Применение такой конструкции позволяет получить механически

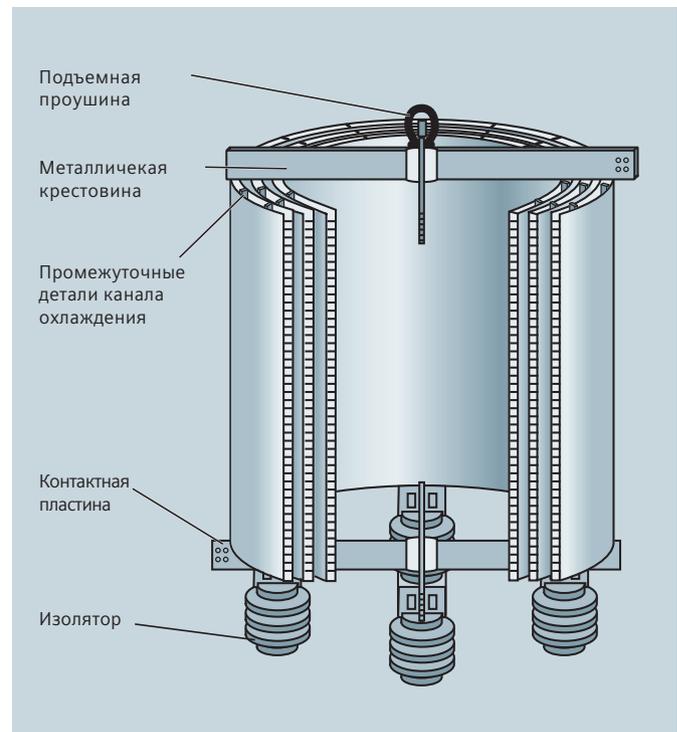


Рис. 4.7-1: Типовая конструкция токоограничивающего реактора с сухой изоляцией

очень жесткое устройство, которое способно выдержать нагрузки, вызванные даже большими токами короткого замыкания.

Реактор может выдерживать исключительно высокие нагрузки на вводы, нагрузки от тяжения проводов, ветровые и сейсмические нагрузки. Реактор может быть установлен в районе с любым климатом и с любыми условиями окружающей среды, и при этом обеспечить высокие эксплуатационные характеристики. Токоограничивающие реакторы Trench с сухой изоляцией устанавливаются в загрязненных и коррозийных зонах и при этом обеспечивают безотказную работу. В дополнение к реакторам с постоянным сопротивлением, могут быть поставлены реакторы с изменяемой индуктивностью. Существуют реакторы как с плавным, так и со ступенчатым регулированием.

Кроме того, компания Trench может предложить другие типы реакторов, например, со стальным сердечником и водяным охлаждением.

Последовательно включаемые реакторы

Реакторы присоединяются последовательно к линии электропередач или присоединению. Как правило, такие реакторы применяются для снижения токов КЗ, выравнивания нагрузок в параллельных присоединениях, ограничения токов включения конденсаторных батарей и т.д.

Токоограничивающие реакторы

Токоограничивающие реакторы уменьшают ток КЗ до уровней в пределах номинальных характеристик оборудования на нижней стороне реактора (рис. 4.7-2). Существует множество вариантов применения реакторов от простого реактора в цепи питающего фидера до крупных шинных реакторов и реакторов в сетях с номинальным напряжением до 765 кВ.

Компенсирующие реакторы

Компенсирующие реакторы предназначены для последовательной установки с конденсаторной батареей для ограничения бросков тока при переключении, ограничения токов близких КЗ и для контроля резонансной частоты системы при введении батареи конденсаторов. Реакторы могут быть установлены в сетях с номинальным напряжением до 765 кВ. При определении характеристик компенсирующих реакторов требуемый номинальный ток должен учитывать гармоническую составляющую тока, отклонение емкости и допустимые перенапряжения в сети.

Буферные реакторы для электродуговых печей

Наибольшая эффективность электродуговых печей достигается при малом токе электрода и большой длине дуги. Для этого требуется последовательное включение буферного реактора в цепь питания печного трансформатора для стабилизации дуги.

Сдвоенные реакторы

Сдвоенные реакторы - реакторы, состоящие из двух катушек, подключенных навстречу друг другу. Такой реактор имеет низкое реактивное сопротивление в нормальном режиме и большое сопротивление в случае КЗ.

Компенсационные реакторы

Компенсационные реакторы последовательно включаются в линии электропередачи с номинальным напряжением до 800 кВ. Реактор изменяет сопротивление линии и позволяет контролировать перетоки мощности, обеспечивая таким образом передачу максимальной мощности по линии.

Реакторы фильтро-компенсирующих устройств (ФКУ)

Такие реакторы применяются с батареями конденсаторов для создания фильтров различных гармоник или с батареями конденсаторов и резисторами для создания фильтров с полосой пропускания. При расчете такого реактора должны быть определены основная частота и частоты гармонических составляющих. Если для точной настройки ФКУ необходима регулировка индуктивности, должны быть указаны диапазон регулирования и допустимые отклонения. Во многих случаях требуется добротность контура, которая намного меньше, чем добротность самого реактора. Такая добротность достигается подключением резистора.

Экономичной альтернативой является установка на реактор устройства для снижения его добротности. Это устройство может понизить добротность реактора более, чем на одну десятую, без необходимости устанавливать дополнительные резисторы. Это устройство легко устанавливается на реактор и взаимодействует с его магнитным полем. Его применение решает вопрос с дополнительным местом, дополнительными соединениями и надежностью дополнительных элементов, таких как резисторы.

Шунтирующие реакторы

Шунтирующие реакторы используются для компенсации реактивной мощности, возникающей в недогруженных воздушных и кабельных линиях. Как правило, они подключаются к к третичной обмотке трансформатора, но также могут быть напрямую включены в сеть с напряжением до 345 кВ.



Рис. 4.7-2: Трехфазный токоограничивающий реактор вертикальной установки



Рис. 4.7-3: Шунтирующие реакторы, подключенные к третичной обмотке трансформатора.

реакторы с тиристорным управлением широко применяются в статических системах компенсации реактивной мощности, где реактивная мощность регулируется при помощи тиристорных (рис. 4.7-3). Статическая система компенсации реактивной мощности включает:

- Шунтирующий реактор с тиристорным управлением. Компенсация происходит путем управления током, текущим через реактор, с помощью тиристорных вентилей.
- Реакторы с тиристорным управлением (TSR)
- Компенсирующие реакторы с тиристорным управлением
- Реакторы ФКУ
- Плавно регулируемые шунтирующие реакторы со стальным сердечником и масляной изоляцией.

Реакторы для электропередач постоянного тока высокого напряжения

Электропередачи постоянного тока используются для передачи больших мощностей на большие расстояния или соединения между соседними энергосистемами. Реакторы для них как правило включают, сглаживающие реакторы, реакторы в составе ФКУ, а так же фильтры присоединений. Также электропередачи постоянного тока включают реакторы для преобразователей.

Сглаживающие реакторы

Сглаживающие реакторы (рис. 4.7-4) используются для снижения амплитуды пульсирующего тока в системах постоянного тока. Они используются в силовой электронике на регулируемых электроприводах и системах бесперебойного электропитания. Они также нужны в электропередачах постоянного тока с напряжением до 800 кВ. Компания Trench предоставляет несколько вариантов исполнения и конструкции данного устройства.

Реакторы для испытательных лабораторий

Реакторы для испытательных лабораторий устанавливаются в лабораториях больших мощностей и высоких напряжений. Обычным применением таких реакторов является ограничение тока, синтетические испытания выключателей, запасание индуктивной энергии и «искусственные» линии.

Реакторы заземления нейтрали

Реакторы заземления нейтрали ограничивают токи однофазных КЗ на землю до определенного уровня. В технические характеристики также следует включить длительный ток в небалансном режиме и длительность протекания тока КЗ.

Дуогасительные реакторы

Однофазные реакторы заземления нейтрали (дуогасительные реакторы) предназначены для компенсации ёмкостного тока между фазой и землей во время однофазного КЗ на землю. Дуогасительный реактор является центральным элементом системы защиты компании Trench от КЗ на землю (рис. 4.7-5).

Поскольку электрическая система подвержена изменениям, индуктивность дуогасительного реактора, используемая для заземления нейтрали, должна быть изменяемой. В разработанной компанией Trench системе защиты от однофазного КЗ применяется реактор плунжерного типа (с подвижным сердечником). Основываясь на большом опыте в разработке, изготовлении и применении дуогасительных реакторов, компания Trench предлагает решения, которые соответствуют самым строгим требованиям.



Рис. 4.7-4: Сглаживающий реактор для электропередачи постоянного тока высокого напряжения.



Рис. 4.7-5: Дуогасительный реактор 110 кВ

Для получения дополнительной информации:

Портфель продуктов в бухтах:

<http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Coil-Products>

Загрузка продуктов в бухтах:

<http://www.trenchgroup.com/Downloads/Coil-Products>

4.8 Вводы

Введение

Компания HSP Hochspannungsgeräte GmbH, также известная как HSP, и компания Trench имеют длинную историю и известную репутацию в области производства высоковольтных вводов и оборудования. Обе эти компании являются мировыми лидерами в сфере энергетики и проектирования специальной электрической продукции.

Будучи Группой по производству вводов «HSP & Trench Bushing Group», компании делятся знаниями по разработкам, проектированию и производству вводов переменного и постоянного тока напряжением до 1200 кВ. Клиенты получают значительные преимущества от их близкого сотрудничества в плане инноваций, совместных исследований, развития и типового проектирования.

Группа по производству вводов предоставляет ряд продуктов в этой сфере оборудования, в том числе, вводы для силовых трансформаторов и оборудования электропередач постоянного тока высокого напряжения. Ассортимент продукции включает в себя вводы с RIP-изоляцией до 1200 кВ, вводы с бумажно-масляной изоляцией до 1200 кВ и вводы с элегазовой изоляцией до 1200 кВ. Какими бы не были ваши требования к вводам, у группы по производству вводов есть ввод, который вам подойдет.

Эти технологии успешно работают уже более 60 лет. Группа осуществляет свою деятельность по всему миру, имея производства в Тройсдорфе (Германия), Сен-Луи (Франция), Торонто (Канада) и Шэньяне (Китай).

4.8.1 Высоковольтные вводы

Ввод - электротехническое устройство, изолирующее проводник, работающий под высоким напряжением от металлического корпуса или здания. Вводы необходимы для:

- Трансформаторов
- Зданий
- КРУЭ
- Генераторов
- Другого высоковольтного оборудования.

Типичными вводами являются:

- Масло-воздух
- Масло-газ
- Масло-масло
- Элегаз-воздух
- Воздух-воздух

Внутренняя изоляция ввода обеспечивается сочетанием разных изолирующих материалов:

- Бумажно-масляная изоляция (БМИ)
- Бумага, пропитанная эпоксидной смолой (ERIP)
- Элегаз

Внешняя изоляция может быть выполнена из следующих материалов:

- Эпоксидная смола для применения внутри помещений
- Фарфор или стекловолоконные трубки с юбками из кремний-органической резины для аппаратов открытой установки

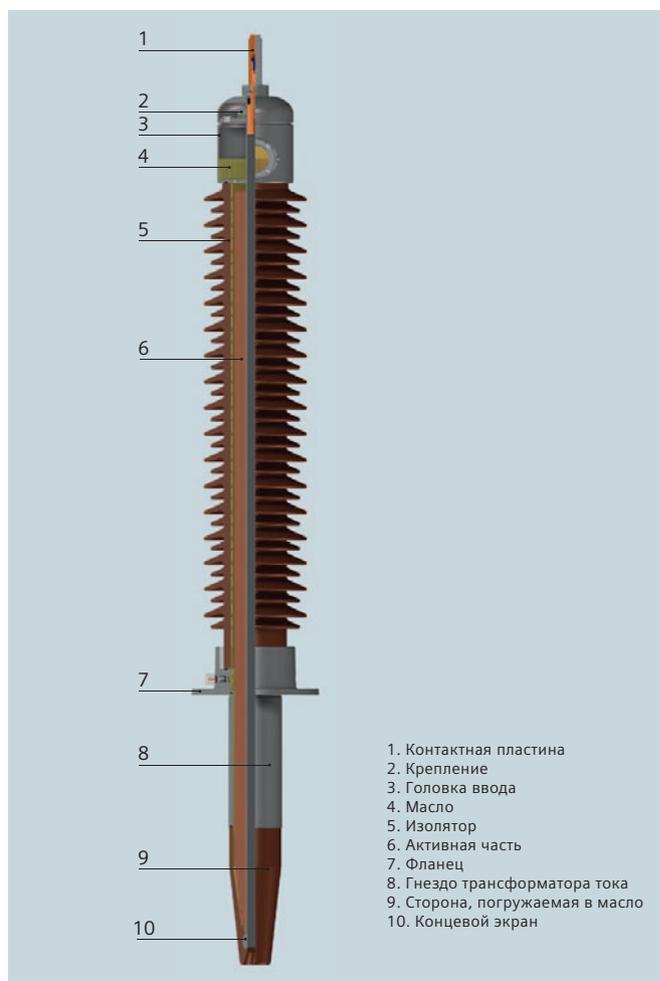


Рис. 4.8-1: Трансформаторный ввод с бумажно-масляной изоляцией - разрез

Далее описаны наиболее современные конструкции различных вводов.

Трансформаторные вводы с бумажно-масляной изоляцией
Вводы трансформатора с использованием бумажно-масляной изоляции состоят из следующих частей (рис. 4.8-1):

- 1. Контактная пластина**
Контактная пластина из алюминия или меди предназначена для присоединения ВЛ или шин. Современная конструкция обеспечивает отсутствие необходимости проводить обслуживание, а также отсутствие ослабления соединения в процессе эксплуатации.
- 2. Крепление**
Весь ввод собирается воедино вокруг центральной трубы или проводника.
- 3. Головка ввода**
Головка из алюминия с камерой-расширителем для масла и указателем уровня масла. Камера герметично закрыта от контакта с атмосферой.

4. Заполнение маслом

Современные вводы заполнены сухим дегазированным изолирующим минеральным маслом.

5. Изолятор

Фарфоровый изолятор изготовлен из высококачественного электротехнического фарфора по IEC 815. Изолятор соединяется заделкой из портланд-цемента, герметичность обеспечивается с помощью уплотнительного кольца круглого сечения. Спрос на композитные изоляторы со временем увеличивается и легко удовлетворяется.

6. Активная часть

Активная часть изготавливается из широких полос промасленной бумаги с проводящими слоями из алюминиевой фольги, что позволяет контролировать осевую и радиальную составляющие электрического поля. В зависимости от номинального тока, бумага и фольга оборачиваются вокруг центральной трубы или проводника.

7. Фланец

Фланец, изготовленный из неподверженного коррозии алюминиевого сплава и обработанный с высокой точностью, обеспечивает превосходную герметизацию между фланцем и трансформатором. Фланец имеет испытательный вывод.

8. Гнездо трансформатора тока

При необходимости установки трансформатора тока на ввод, нижняя часть ввода может быть удлинена.

9. Сторона ввода, погружаемая в масло

Изолятор на этой стороне ввода изготовлен из эпоксидной смолы. Он разработан так, чтобы оставаться смонтированным при процессе осушки масла в баке трансформатора и способен выдерживать температуру до 130°С.

10. Концевая защита

При напряжениях от 52 кВ и выше в конце трубки из эпоксидной смолы вставлен специальный алюминиевый электрод. Этот концевой экран контролирует электрическое поле в данной области.

Трансформаторные вводы с RIP-изоляцией

Ввод трансформатора из с RIP-изоляцией состоит из следующих компонентов (рис. 4.8-2).

1. Контактная пластина

Контактная пластина из алюминия или меди предназначена для присоединения ВЛ или шин. Современная конструкция обеспечивает отсутствие необходимости проводить обслуживание, а также отсутствие ослабления соединения в процессе эксплуатации.

2. Сухой наполнитель

Современные вводы заполнены сухой пеной.

3. Изолятор

Внешняя изоляция состоит из композитного изолятора с юбками из силикона. Юбки вулканизированы на основании высококачественной изолирующей трубки, изготовленной из эпоксидной смолы, армированной стекловолокном. В большинстве случаев фланец является частью изолятора

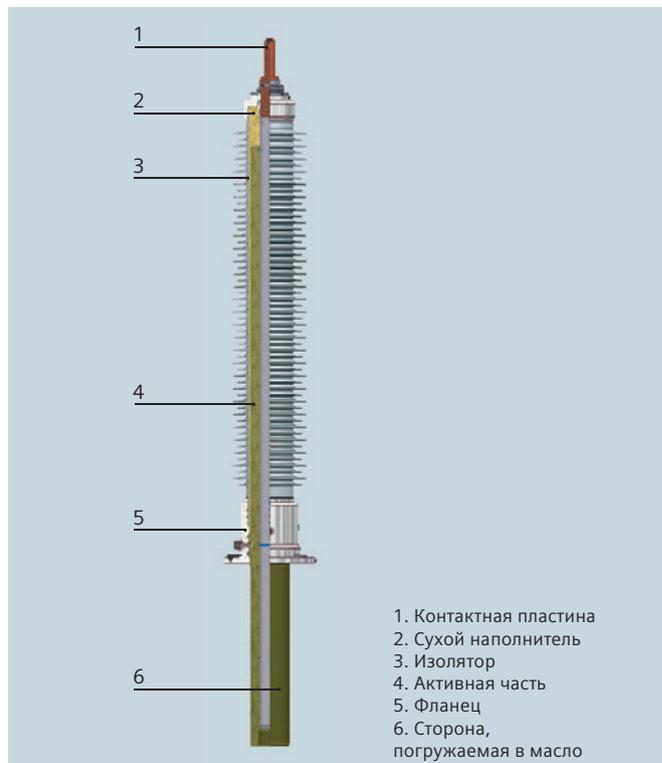


Рис. 4.8-2: Трансформаторный ввод с RIP-изоляцией - разрез

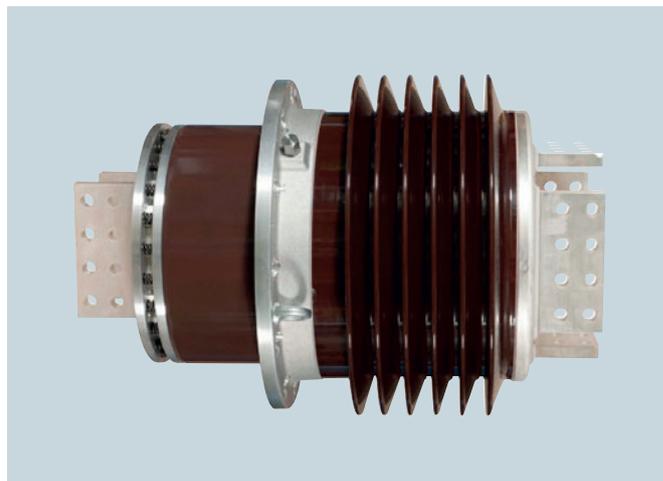


Рис. 4.8-3: Трансформаторный ввод большого тока

4. Активная часть

Активная часть изготавливается из пропитанной смолой бумаги, проводящие слои которой выполнены из алюминиевой фольги для контроля осевой и радиальной составляющей электрического поля. В зависимости от номинального тока бумага и фольга наматываются на центральную трубку или проводник.

5. Фланец

Фланец изготовленный из неподверженного коррозии алюминиевого сплава и обработанный с высокой точностью обеспечивает превосходную герметизацию между фланцем и трансформатором. Фланец имеет испытательный вывод.

6. Сторона ввода, погружаемая в масло (при необходимости - с ТТ) Изолятор на этой стороне ввода изготовлен из эпоксидной смолы. Он разработан так, чтобы оставаться смонтированным при процессе осушки масла в баке трансформатора и способен выдерживать температуру до 130 °С.

Присоединения

Модульная система вводов предлагает огромный выбор систем подключения. В верхней части головки ввода имеется зажим, при помощи которого фиксируется проводник или кабельный болт. Разъемная, перекрестно закрепленная арматура на зажимном устройстве препятствует его падению в трансформатор в процессе эксплуатации. Кроме того, она также служит в качестве блокирующего элемента. Этот болт уплотняется при помощи двустороннего уплотнения. Зажим изготовлен из нержавеющей стали, а все болты – из стойкой к коррозии стали. Вентиляционное отверстие центральной трубки расположено с одной стороны, под краем зажима, и может быть использовано вне зависимости от проводящего болта. Кроме кабельного болта, также есть в наличии сплошные проводящие болты, например, для применения с более высоким током. Эти болты закреплены клином напротив внутренней стенки центральной трубки с изолированными распорками. Сплошные проводящие болты могут быть оснащены точкой отделения, преимущественно, на фланце или для соответствия какому-либо особому случаю. Сверху на болтах имеется резьбовое отверстие, так, чтобы в него можно было ввинтить натянутую проволоку или стержень, и чтобы болт можно было протянуть через центральную трубку.

Трансформаторные вводы: большой ток

Вводы большого тока для подключений трансформатора к фазе предназначены для напряжений от 24 кВ до 36 кВ, а также для тока от 7 800 А до 40 000 А. Проводники выполняются из обычного алюминия или из меди. Проводники изготавливаются из

алюминия или, по запросу, из меди. Основной изолятор изготовлен из эпоксидной смолы (рис. 4.8-3).

Другие вводы трансформаторов: элегаз-масло и масло-масло

Вводы типа «элегаз-масло» предназначены для непосредственного подключения трансформаторов к КРУЭ; вводы типа «масло-масло» предназначены для соединений внутри самого трансформатора (рис. 4.8-4). В обоих типах основной изоляцией является RIP-изоляция. Сердечни конденсатора изготовлен из специальной бумаги, пропитанной эпоксидной смолой, в которой находятся слои фольги, обеспечивающие равномерное распределение напряжения. Такая изоляция доказала свою надежность за 40 лет эксплуатации в различных условиях. Высококачественная изоляция обеспечивает компактную конструкцию. Более того, вводы с такой изоляцией обладают низким уровнем частичных разрядов не только при рабочем, но и при значительно более высоком напряжении.

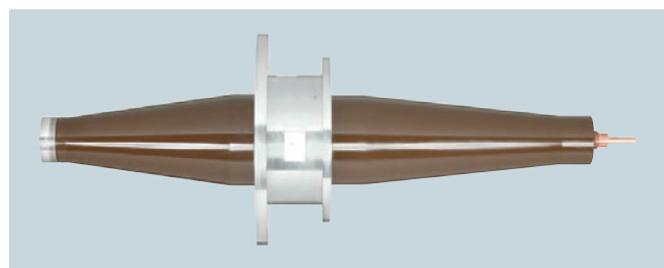


Рис. 4.8-4: Трансформаторный ввод «элегаз-масло»



Рис. 4.8-5: Трансформаторный ввод постоянного тока 800 кВ проект Юньнань-Гундун, Китай



Рис. 4.8-6: Трансформаторный ввод постоянного тока 500 кВ проект «Три ущелья», Китай

Вводы для электропередач постоянного тока: трансформатор и стена

Растущая потребность в электропередачах постоянного тока требует надежных трансформаторных вводов и проходных изоляторов с напряжением до 1000 кВ постоянного тока (рис. 4.8-6). Решением с RIP-изоляция часто отдается предпочтение из-за их отличной работы в условиях сильного загрязнения, а также из-за механической прочности, особенно в отношении сейсмических характеристик. Примером передовых решений является проект Юньнань-Гуандун/Китай (рис. 4.8-5, рис. 4.8-8), включающий трансформаторные вводы и проходные изоляторы 800 кВ.

Проходные изоляторы

Проходные изоляторы (рис. 4.8-7) предназначены для использования в высоковольтных подстанциях на крыше или стене в соответствии с их расположением:

- Проходные изоляторы «помещение-помещение»
- Проходные изоляторы для ввода в помещение с открытого воздуха
- Проходные изоляторы для открытой установки

Основной изолятор имеет активную часть. Между центральной трубой и фланцем находится специально рассчитанное количество проводящих слоев, слои расположены коаксиально. Это приводит к линеаризации распределения продольной составляющей напряжения на поверхности ввода и снижению электризации воздуха вокруг него.

Вводы КРУЭ

Эти вводы предназначены для использования с КРУЭ в основном для присоединения воздушных линий. Конструкция в таких вводах или электродная до 245 кВ, или конденсаторная выше 245 кВ (рис. 4.8-9). Все большим спросом пользуются композитные конструкции, особенно для более высоких диапазонов напряжения и загрязненных зон.

Вводы генераторов

Вводы генераторов (рис. 4.8-10) предназначены для проведения тока, индуцированного в обмотках статора, через заполненный водородом герметичный заземленный генератора. Вводы генераторов доступны от 12 кВ до 36 кВ с номинальным током до 50000 А. Охлаждение таких вводов естественное, газовое или жидкостное.



Рис. 4.8-7: Проходной изолятор «воздух-воздух»



Рис. 4.8-8: Проходной изолятор постоянного тока 800 кВ проект Юньнань-Гуандун, Китай



Рис. 4.8-9: Ввод КРУЭ - ввод 420 кВ наружной установки с полимерной изоляцией.

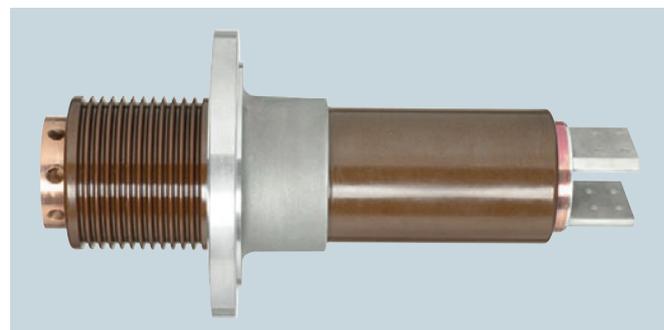


Рис. 4.8-10: Генераторный ввод

Для получения дополнительной информации:
www.siemens.com
www.bushing-group.com
sales@hspkoeln.de и sales@trench-group.com

4.9 Плавкие предохранители среднего напряжения

Плавкие предохранители HV HRC (высокого напряжения с высокой отключающей способностью) используются для защиты от короткого замыкания в высоковольтных распредустройствах (диапазон частот от 50 до 60 Гц). Они защищают устройства и компоненты системы, такие как трансформаторы, двигатели, конденсаторы, трансформаторы напряжения и кабельные фидеры от динамических и температурных воздействий токов КЗ путем прерывания при их возникновении.

Плавкие предохранители состоят из основания и плавких вставок. Плавкие вставки используются для однократного разрыва сверхтоков. Их необходимо заменять. При сочетании «выключатель-плавкий предохранитель» тепловой ударник плавкого предохранителя 3GD предотвращает его термическое разрушение. Плавкие предохранители могут использоваться как в закрытых, так и в открытых распределительных устройствах. Они устанавливаются в основаниях как отдельные 1-фазные или 3-фазные компоненты, или как встроенные компоненты в сочетании с соответствующим выключателем.



Рис. 4.9-2: 3-фазная плавкая вставка с контролем предохранителя



Рис. 4.9-1: Плавкая вставка



Рис. 4.9-3: Выключатель-разъединитель с плавкими вставками

Номинальное напряжение	Справочный размер	Номинальный ток (А)															
		6	10	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
7,2 кВ	192 мм	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	442 мм												X	X	X	X	X
	442 мм для защиты двигателя									X	X	X	X	X	X	X	X
12 кВ	292 мм	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	442 мм												X	X			
	442 мм для защиты двигателя											X	X	X	X		
24 кВ	442 мм	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
36 кВ	537 мм	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					

Таблица. 4.9-1: Ассортимент плавких предохранителей

4.10 Полимерные длинностержневые изоляторы для воздушных ЛЭП

4.10.1 Длинностержневые полимерные изоляторы типа 3FL - высокие характеристики и надежность

Почему стоит использовать эти изоляторы

Новые полимерные длинностержневые изоляторы типа 3FL компании Siemens сочетают высокую электрическую прочность и механическую прочность на разрыв с компактной и легкой конструкцией. Благодаря отличной конструкции и уменьшенному весу длинностержневые изоляторы 3FL особенно хорошо подходят для применения на компактных ЛЭП, для которых требуются низкие опоры и малые длины пролетов. Их транспортировка и установка также более экономичны.

Конструкция

Корпус изолятора 3FL – это цельный корпус из силиконовой резины, изготовленный путем однократного литья под давлением. НТВ-силикон наплавляется непосредственно на центральной стержень путем наложения в точке соединения центрального стержня и металлической арматуры. Такая конструкция обеспечивает полное закрытие наиболее чувствительной части полимерного изолятора – зону соединения (металлической соединительной арматуры/стержень из стекловолокна/полимерный корпус), в которой сосредоточена самая высокая напряженность электрического поля. Такой способ изготовления устраняет необходимость в традиционных системах герметизации, исключая любую вероятность попадания влаги.

Центральный стержень

Центральный стержень – это не содержащий бор, устойчивый к коррозии и усиленный стекловолокном пластиковый стержень ECR2 (стержень FRP). Благодаря очень высокой стойкости к центральному стержню к кислотам и щелочам риск хрупкого разрушения изоляторов типа 3FL отсутствует.

Концевая соединительная арматура

Соединительная арматура ковanej стали, обработанной методом горячего цинкования, или чугуна непосредственно присоединяется к центральному стержню круговой опрессовкой. Каждый раз этот процесс подвергается тщательному контролю. Имеется полный спектр соединительной арматуры, соответствующей последней редакции IEC и ANSI с нагрузками до 120 кН. Изолятор 3FL полностью заменим и совместим с существующими изоляторами и линейной арматурой всех типов.

Особая конструкция концевой соединительной арматуры в зоне сочленения сводит к минимуму напряженность электрического поля и уровень частичных разрядов внутри соединения, а также на поверхности полимерного корпуса благодаря применению встроенного кольца, выравнивающего картину поля. Благодаря этому материал изолятора обеспечивается надежной защитой от коррозии и последующего разрушения изолятора.

1 НТВ: Вулканизация при высоких температурах

2. Стекло ECR: Стекло с электрическим сопротивлением и стойкостью к коррозии



Рис. 4.10-1: НТВ-силикон прекрасно работает в условиях загрязнения

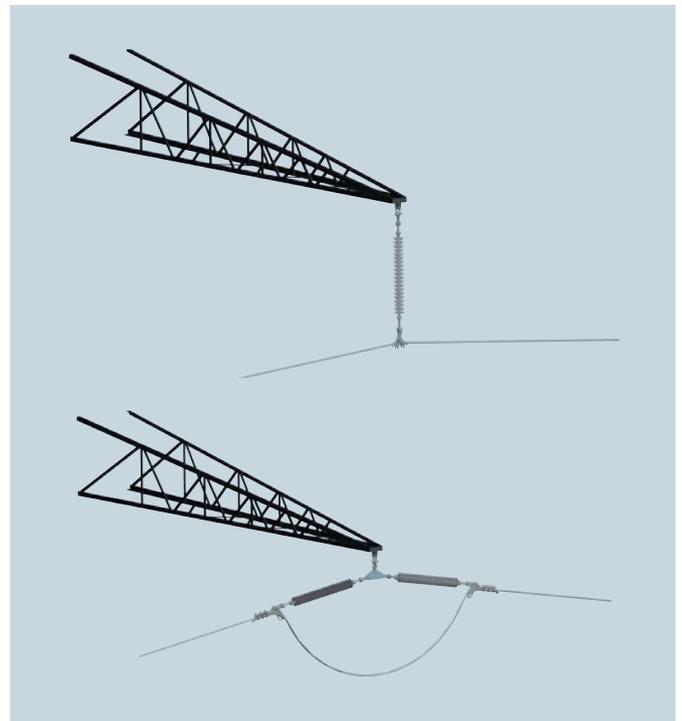


Рис. 4.10-2: Длинностержневые полимерные изоляторы типа 3FL могут применяться как в качестве подвесных, так и в качестве натяжных изоляторов.

Изоляторы типа 3FL - полимерный корпус для лучших характеристик в условиях загрязнения

Превосходные характеристики полимера при работе в условиях загрязнения обеспечивают максимальную надежность изоляторов типа 3FL даже в очень тяжелых условиях эксплуатации. Высокая гидрофобность корпуса изолятора предотвращает образование на его поверхности проводящей пленки. Даже тяжелые условия окружающей среды, такие как соляной туман в прибрежных регионах или пыльный воздух в промышленных зонах, не могут нарушить водоотталкивающие характеристики кремний-органической резины. Возникновение поверхностных токов и разрядов исключено. Вода и грязь на поверхности изолятора не могут стать причиной перекрытия изолятора, что является существенным фактором надежности изолятора.

Качество Siemens

В соответствии с давно установившейся традицией компании Siemens и используя более чем столетний опыт производства высоковольтного оборудования, каждый этап производства изоляторов типа 3FL – начиная с множества проверок поступающего сырья до сборки отдельных компонентов и заводских испытаний готового продукта – тщательно отслеживается и контролируется.

Стандарты и испытания

Все длинностержневые изоляторы типа 3FL, покидающие фабрику Сименс, подвергаются заводским испытаниям в соответствии с последней редакцией IEC.

Каждый изолятор типа 3FL подвергается испытанию на растяжение с нагрузкой не менее половины разрывающей нагрузки, приложенной в течение не менее 10 секунд.

Принадлежности

Устройства защиты дуги, такие как разрядники и экраны для выравнивания картины поля, тщательно спроектированы на базе большого количества испытаний. По запросу предоставляются специальные решения, а также другая соединительная арматура. Для разъединителей с номинальным напряжением 170 кВ и выше экраны являются стандартной принадлежностью.



Рис. 4.10-3: Изолятор типа 3FL - превосходная конструкция, удовлетворяющая самым высоким требованиям



Рис. 4.10-4: Роговые разрядники



Рис. 4.10-5: Экран-кольцо

Предельные значения		3FL2	3FL4
Наибольшее рабочее напряжение ($U_{\text{макс}}$)	кВ	72.5	170
Ном. напряжение сети ($U_{\text{ном}}$)	кВ	69	154
Заданная механическая нагрузка (SML)	кН	70	120
Длина пути утечки	мм/кВ _н	31	31

Табл. 4.10-1: Предельные значения

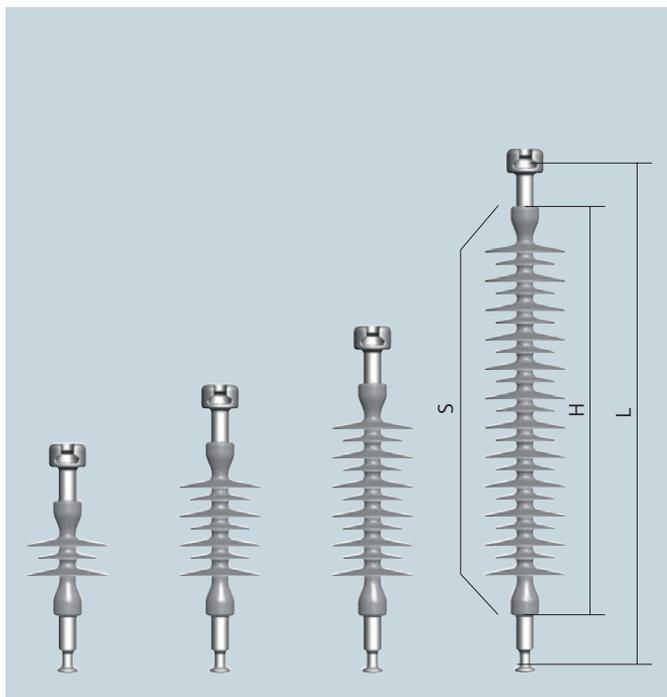


Рис. 4.10-6: 3FL2

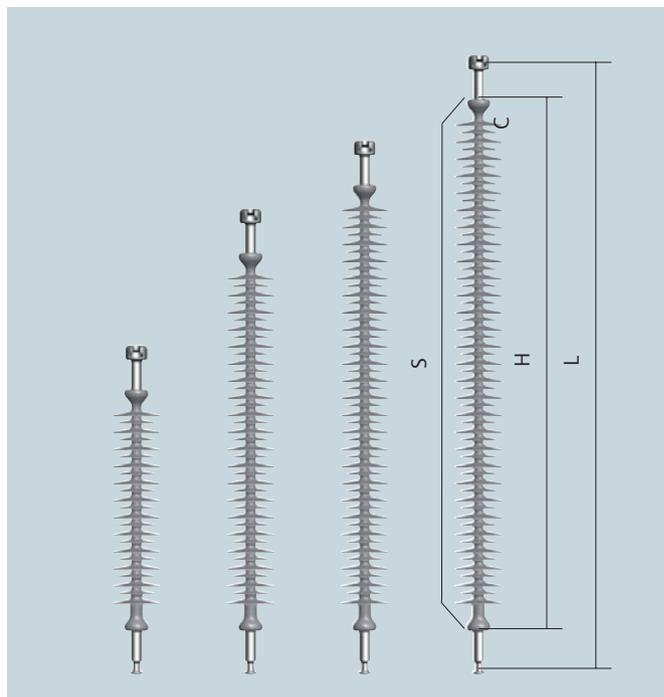


Рис. 4.10-8: 3FL4



Рис. 4.10-7: Концевая соединительная арматура 3FL2



Рис. 4.10-9: Концевая соединительная арматура 3FL4

Длинностержневые изоляторы 3FL2 для ВЛ

Длинностержневые изоляторы 3FL2 разработаны с целью соответствия самым высоким требованиям распределительных сетей до 72 кВ. Они испытаны при напряжениях коммутационного и грозового импульса, а так же промышленной частоты и имеют большую длину пути утечки (более 3.1 см/кВ). Изоляторы предназначены для работы с механической нагрузкой до 70 кН.

Длинностержневые изоляторы типа 3FL3 и 3FL4

Изоляторы типа 3FL применимы в сетях от 60 до 550 кВ, увеличенные длины - 52 см для каждого уровня напряжения. Данные некоторых изоляторов приведены в таблице ниже. Промежуточные, более длинные или более короткие изоляторы изготавливаются по запросу..

Технические данные 3FL2												
Наибольшее рабочее напряжение	Номинальное напряжение	Испытательное напряжение грозового импульса	Испытательное напряжение промышленной частоты	Изоляционное расстояние	Длина пути утечки	Длина корпуса	Строительная высота	Номер по каталогу	Проектная механическая нагрузка	Нагрузка стандартных испытаний	Диаметр экрана	Вес
U _{max} кВ	U _{ном} кВ	Грозовое выдерживаемое импульсное напряжение мин. кВ	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты мин. кВ	S мм	C мм	H мм	L мм		Проектная механическая нагрузка кН	Нагрузка стандартных испытаний кН	D мм	W кг
12.0	10, 11, 12	95	28	214	420	178	332	3FL2-009-4хх00-1хх1	70	35	-	1.6
24.0	15, 20, 22, 24	145	50	304	799	268	422	3FL2-014-4хх00-1хх1	70	35	-	2.0
36.0	30, 33, 35, 36	170	70	394	1178	358	512	3FL2-017-4хх00-1хх1	70	35	-	2.4
72.5	60, 66, 69, 72	325	140	664	2315	628	782	3FL2-032-4хх00-1хх1	70	35	-	3.55
* Номинальное грозовое выдерживаемое импульсное напряжение и выдерживаемое напряжение промышленной частоты в соответствии со стандартом МЭК 60071. Физическое значение - выше.												
** Опорное значение длины секции изолятора для версии с шарнирной соединительной арматурой размера 16 в соответствии с МЭК 60120. Чтобы получить длину секции изолятора, установленного с другой концевой соединительной арматурой, необходимо добавить длину корпуса к длинам разъемов (см. таблицу «Концевая соединительная арматура») соединительной арматуры с обеих сторон. Все электрические значения относятся к изолятору без роговых разрядников или коронирующих колец.												

Табл. 4.10-2: Технические данные 3FL2

Технические данные 3FL4												
Наибольшее рабочее напряжение	Номинальное напряжение	Испытательное напряжение грозового импульса	Испытательное напряжение промышленной частоты	Изоляционное расстояние	Длина пути утечки	Длина корпуса	Строительная высота	Номер по каталогу	Проектная механическая нагрузка	Нагрузка стандартных испытаний	Диаметр экрана	Вес
U _m кВ	U _n кВ	Грозовое выдерживаемое импульсное напряжение мин. кВ	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты мин. кВ	S мм	C мм	H мм	L мм		Проектная механическая нагрузка кН	Нагрузка стандартных испытаний кН	D мм	W кг
72.5	60, 66, 69, 72	325	140	674	2325	638	846	3FL4-032-4хх00-1хх1	120	60	-	3.8
123.0	110, 115, 120	550	230	1034	3841	998	1206	3FL4-055-4хх00-1хх1	120	60	-	5.3
145.0	132, 138	650	275	1214	4599	1178	1386	3FL4-065-4хх00-1хх1	120	60	260	6.1
170.0	150, 154	750	325	1439	5546	1403	1611	3FL4-075-4хх00-1хх1	120	60	260	7.1
* Номинальное грозовое выдерживаемое импульсное напряжение и выдерживаемое напряжение промышленной частоты в соответствии со стандартом МЭК 60071. Физическое значение - выше.												
** Опорное значение длины секции изолятора для версии с шарнирной соединительной арматурой размера 16 в соответствии с МЭК 60120. Чтобы получить длину секции изолятора, установленного с другой концевой соединительной арматурой, необходимо добавить длину корпуса к длинам разъемов (см. таблицу «Концевая соединительная арматура») соединительной арматуры с обеих сторон. Все электрические значения относятся к изолятору без роговых разрядников или коронирующих колец.												

Табл. 4.10-3: Технические данные 3FL4

Производственные стандарты	
МЭК 61109	Изоляторы для воздушных линий – композитные подвесные и натяжные изоляторы для систем переменного тока с номинальным напряжением, превышающим 1 000 В – определения, методы испытаний и критерии приемки
МЭК 62217	Полимерные изоляторы для внутреннего и внешнего применения с номинальным напряжением, превышающим 1 000 В – основные определения, методы испытаний и критерии приемки
МЭК 60815	Выбор и размеры изоляторов высокого напряжения, предназначенных для применения в загрязненных условиях
МЭК 61466-1	Элементы композитного гирляндного изолятора для воздушных линий с номинальным напряжением больше 1000 В - Часть1: Стандартные классы прочности и концевая соединительная арматура
МЭК 61466-2	Элементы композитного гирляндного изолятора для воздушных линий с номинальным напряжением больше 1000 В - Часть2: Размеры и электрические характеристики
МЭК 60120	Размеры шаровых шарнирных соединений блоков гирляндных изоляторов
МЭК 60471	Размеры шарнирно-подвесных соединений элементов гирлянды изоляторов

Табл. 4.10-4: Производственные стандарты

Для получения дополнительной информации:

Портфель продуктов в бухтах:

<http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Coil-Products>

Загрузить информацию о продуктах в бухтах:

<http://www.trenchgroup.com/Downloads/Coil-Products>

Портфель измерительных трансформаторов:

<http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Instrument-Transformers>

