

Токопровод SIS (Solid Insulated System) производства немецкой компании RITZ — пофазно изолированные медные или алюминиевые проводники для систем переменного или постоянного тока до 6500 А и напряжением до 36 кВ.

## Токопровод с литой изоляцией SIS

Александр Довгий, г. Киев

Токопровод SIS с литой изоляцией является экономически обоснованным и безопасным альтернативным решением кабельным системам с параллельно подключенными провод-



никами, шинным сборкам или шинопроводам при передаче токов большой величины токов и высокого напряжения (см. **фото** в начале статьи).

### Преимущества использования пофазноизолированного токопровода SIS от RITZ:

- минимальные размеры конструкции;
- простота монтажа благодаря универсальным креплениям с возможностью подгонки к деталям строительных конструкций;
- небольшой радиус изгиба;
- геометрическая форма, в том числе трехмерная;
- минимальные размеры конструкции обеспечивают максимально эффективное охлаждение;
- заводские контрольные испытания каждой шины обеспечивают контроль качества каждого элемента токопровода;
- отсутствие необходимости технического обслуживания.

Ritz Instrument Transformers – это единственный производитель токопроводов, сертифицированных в системе МЭК, который имеет возможность комплектовать токопроводы трансформаторами тока и напряжения собственного производства.

Стандартная комплектация токопровода SIS включает пакет технической документации и следующие элементы оборудования:

- алюминиевые или медные проводники;
- соединительные муфты;
- алюминиевые опоры;

- хомуты для соединительных муфт;
- гибкие соединения;
- плоские клеммы для соединения элементов.

Высокий уровень безопасности оборудования RITZ гарантирован постоянным контролем производственного процесса, непрерывным усовершенствованием используемых материалов, контрольными и типовыми испытаниями всех компонентов, каждого шинного сегмента и соединительной гильзы (**рис.1**).

Надежность оборудования и защита персонала обеспечена такими свойствами SIS:

- безопасность при прикосновении;
- снабжение системой дифференциации электростатического поля;
- способность выдерживать термическую и динамическую нагрузку, возникающую при высоких токах короткого замыкания;
- исключено межфазное короткое замыкание;
- не выделяет токсичных дымовых газов при горении;



Рис.1

- не поддерживает горения;
- высокая эксплуатационная надежность благодаря контрольным испытаниям каждого шинного элемента.

### Принцип конструкции шины

Изоляция шины выполняется с использованием пропитанной смолой изоляционной бумаги (RIP). Крепированную бумагу наматывают вокруг проводника (медного или алюминиевого) и пропитывают под вакуумом эпоксидной смолой. Это обеспечивает отсутствие пустот в изоляции и предотвращает возникновение в ней частичных разрядов.

Чтобы не допустить возникновения частичных разрядов в результате отслоения изоляции от проводника, вокруг проводника наматывают проводящий слой. Слои изоляционной бумаги укладывают на слой высокого напряжения в соответствии с номинальным напряжением. Эти изоляционные слои на концах шин содержат дифференциатор напряжения электростатического поля. Их размеры рассчитаны таким образом, чтобы достичь оптимального распределения электрического поля. Таким образом, достигается минимизация этого поля.



Рис.2

По всей длине шины, за исключением зоны выравнивания, на изоляционные слои наматывается заземляющий слой. Он набирается из полупроводящей бумаги, слоев алюминиевой фольги и продольных медных полос и способен выдерживать высокие токи короткого замыкания. К медным полосам припаивается соединительное устройство, которое используется как точка заземления шины. На заземляющий слой в качестве защиты наносится изоляционный слой из крепированной бумаги толщиной три миллиметра. После высыхания изоляционной бумаги пропитывают в условиях вакуума эпоксидной смолой низкой вязкости.

Технология производства, применяемая RITZ, позволяет создавать шины любой геометрической формы и длины, которые ограничены размером оборудования (например, обжиговой печи), транспортных средств и местными возможностями (конструкция здания).

#### Наружное применение

Для наружного применения шину помещают в трубу из нержавеющей стали, стойкую к атмосферным воздействиям. Чтобы увеличить путь возможной утечки, дифференциатор электростатического поля напряжения изоляции шины покрывают снаружи термоусадочной муфтой (рис.2).

### Соединение нескольких шин

Длина конкретной шины ограничивается условиями технологического процесса, транспортировки и монтажа. Для комплексных установок шины необходимо соединить. Соединение выполняется при помощи гибких муфт, устанавливаемых между шинами с учетом теплового расширения и допусков в процессе монтажа.

Места соединения полностью изолируются при помощи соединительных муфт, которые покрывают дифференциатор электростатического поля напряжения на концах шин и располагаются в противоположных направлениях от емкостных слоев шин, что гарантирует равномерное электрическое поле внутри соединительной муфты.



Рис.3

Соединительные муфты также полностью изолированы и гарантируют полную безопасность при контакте по всей длине сборной шины. Для напряжения более 12 кВ муфты также имеют дифференциатор электростатического поля. Высоковольтные соединения выполняются при помощи контактной пружины, установленной на плоском разъеме шины.

Соединительная муфта имеет степень защиты от внешних воздействий IP54. По требованию могут быть представлены муфты более высоких классов защиты. Соединительные муфты для наружного применения выполняют из защитного рукава из алюминия или нержавеющей стали. Уплотнение между шиной и соединительной муфтой выполнено из резиновой мембраны и имеет степень защиты от внешних воздействий IP65 (рис.3).

### Типы шинных соединений

Существует несколько вариантов жестких и гибких соединений сегментов шины или шины и других частей оборудования. Стандартное соединение шин – это унифицированный плоский вывод, соответствующий номинальному току. Для соединения шины с другими частями оборудования имеются следующие опции:

- конец проводника с плоским выводом согласно DIN 42 206;
- конец проводника с круглым болтом;
- в соответствии со спецификацией заказчика.

Для газонепроницаемого подключения шины к распределительному устройству с элегазовой изоляцией на заземленной части шины крепится металлический фланец. Токовое соединение может выполняться при помощи контактных болтов

или в соответствии с требованиями заказчика. Посредством жесткого соединения на обоих концах шины следует установить соединительную муфту с учетом конструкционных допусков и теплового расширения шины в процессе эксплуатации.

#### Заземление и монтаж токопровода

Как правило, параллельно токопроводу должна быть смонтирована отдельная заземляющая шина или заземляющий кабель. Каждая отдельная шина, соединительная муфта и ме-



Рис.4

таллический крепежный материал должны быть заземлены на заземляющую шину либо заземляющий кабель. Неправильное заземление шины или соединительной муфты ведет к разрушению этих элементов.

#### Крепление шины

Для монтажа токопровода используется гибкая монтажная система. Корректировки легко выполняются по месту монтажа. Крепежные элементы шины включают в себя алюминиевый С-образный профиль, уголки, Т-образные винты и зажимные скобы. Крепежные элементы регулируются по отношению друг к другу и во всех направлениях, обеспечивая тем самым компенсацию отклонений в процессе строительства. Зажимные скобы имеют неподвижные подшипники и подшипники скольжения, что позволяет шине двигаться в аксиальном направлении внутри зажимных скоб в случае теплового расширения.

Для крепления шины в первую очередь должна учитываться способность оборудования выдерживать короткое замыкание, а также собственная частота колебаний шины.

Расстояние между точками крепления должно быть таким, чтобы не допустить резонанса системы на промышленной частоте или на и её гармониках. Расстояние между точками крепления шины рассчитывается индивидуально для каждого заказа с учетом следующих параметров:

- диаметр шины;
- фазовое расстояние;
- масса шины;
- прочность на изгиб.

#### Зажимные скобы

Зажимные скобы делятся на скобы с неподвижными подшипниками и скобы с подшипниками скольжения. Использование тех или иных скоб определяется точками крепления согласно произведенным расчетам. В конструкции скоб с под-

шипником скольжения используется резиновая шайба, а в скобах с неподвижными подшипниками – металлическая.

#### Определение параметров проводника

Проводник шины определяют в соответствии с DIN43670/67. Учитываются следующие критерии:

- теплопроводность изоляции;
- теплопередача между изоляцией и окружающим;
- естественное охлаждение;
- скин-эффект.

Параметры шин определяются из расчета температуры окружающего воздуха 40°C с максимальным увеличением на 45°C в проводнике. Соответственно, максимальная температура проводника составляет 85°C в условиях естественного охлаждения.

Отклонения от указанных выше критериев определения параметров должны быть точно указаны и учтены при выполнении проектных расчетов. Проводник может быть изготовлен из меди (E-Cu) или алюминия (E-Al-MgSi 0.5).

#### Контрольные испытания токопроводов RITZ:

- определение сухоразрядного выдерживаемого напряжения промышленной частоты;
- измерение количества частичных разрядов;
- определение сухоразрядного выдерживаемого напряжения грозового импульса;
- измерение емкостного сопротивления и коэффициента электрических потерь;
- испытание на нагрев;
- проверка кратковременного теплового сопротивления;
- тест на определение долговечности.

#### Требования к техническому заданию на изготовление токопровода

Для разработки индивидуального проекта токопровода необходимы следующие данные:

- номинальное напряжение;
- номинальный ток;
- токи короткого замыкания, термической и динамической стойкости;
- частота;
- максимальная температура окружающего воздуха;
- материал проводника (алюминий, медь);
- имеющиеся точки заземления / заземляющее оборудование;
- требования к конструкции вывода шины;
- точные рабочие чертежи с информацией о расположении оборудования;
- точные чертежи подключаемого оборудования, в частности присоединения к шинам;
- возможный способ крепления: на стене, на потолке, на полу, на стальной балочной конструкции (рис.4).

Для того чтобы получить квалифицированную консультацию, заказать изготовление и приобрести токопровод с литой изоляцией SIS RITZ, обратитесь в отдел «Оборудование для энергетики» Компании СЭА по телефону: +38 (044) 291-00-41 или на почту e-mail: info@sea.com.ua.