

Изобретение относится к области электротехники, в частности - к конструкции полимерных изоляторов для высоковольтных аппаратов, на-пример, высоковольтных измерительных трансформаторов, и технологии их изготовления.

Задачей изобретения является усовершенствование конструкции, увеличение надежности, улучшение герметизации и упрощение технологии изготовления за счет применения двухкомпонентного полимерного состава холодной полимеризации, непосредственного нанесения состава на стеклоэпоксидный цилиндр с помощью специальной открытой литейной формы, исключающей об-разование облоя.

Известный полимерный изолятор (см.: Патент ФРГ № 2300145, кл. H01B17/02, 17/32, 1974) со-держит вертикально расположенный стержень, ко-торый вводится в центральное отверстие открытой сверху литейной формы для получения юбки (ребер), составляющих оболочку изолятора.

Литейная форма состоит из двух частей, устанавливаемых коаксиально стержню на расстоянии одна от другой, что соответствует расстоянию ме-жду юбками.

На стержень между нижним концом первой формы и наружной поверхностью стержня насаживают уплотнительное кольцо, создавая водонепроницаемый промежуток.

В нижнюю первую форму вводят жидкую пла-стмассу в количестве, соответствующем величине юбки.

Во время отверждения пластмассы в форме на стержень насаживают третью форму.

Вторую форму заполняют пластмассой.

После отверждения юбки в форме, первую ли-тейную форму удаляют путем подъема стержня.

После отверждения второй юбки удаляют вторую литейную форму и на стержень насаживают четвертую литейную форму.

Недостатками известной конструкции является следующее: не усовершенствована конструкция самого изолятора; литейная форма применима только для стержня небольшого диаметра и не применима для цилиндров больших диаметров; нет надежной защиты стержня изолятора в местах установки верхнего и нижнего фланцев от контакта с окружающей атмосферой; сложность технологии насадки и смены элементов литейной формы; не исключена возможность появления облоя в местах съема (разъема) литейной формы, что ухудшает поверхностную электрическую прочность изолятора.

Известный полимерный изолятор (см.: Патент Российской Федерации №2080675, кл. H01B19/00, 1997) содержит стеклопластиковый стержень (стеклоэпоксидный цилиндр), на который установлены фланцы и сплошное защитное ребристое покрытие (оболочка в виде ребер из двухкомпонентного кремнийполимерного состава). При изготовлении изолятора на стойках располагают вертикальные направляющие.

Для получения сплошного защитного ребристого покрытия используется пресс-форма, которая изготовлена из двух коаксиально расположенных цилиндров, между которыми размещены разъемные и неразъемные замыкающие вкладыши, образующие полости, в которые помещают сырую кремнийорганическую резину. После этого осуществляют прессование, локальный нагрев, охлаждение и разборку пресс-формы.

Настоящую конструкцию полимерного изолятора и способ его изготовления принимаем за прототип.

Недостатки прототипа следующие: сложность конструкции и технологии изготовления изолятора; требуется установка пресс-форм и выполнение локального нагрева, т.е. дополнительного сложного оборудования и дополнительные затраты энергии на создание давления и нагрева; требуется герметично закрытые полости в пресс-форме, выдерживающие рабочие давления не менее 30 атм; повышенная трудоемкость изготовления ребер оболочки изолятора; высокая себестоимость изолятора.

В основу изобретения поставлена задача создания полимерного изолятора и способа его изготовления, обеспечивающего улучшение герметичности изолятора в целом, повышение надежности за счет сопряжения фланцев со стеклоэпоксид-ным цилиндром и снижение трудоемкости за счет формирования ребер оболочки изолятора из двухкомпонентного полимерного состава без об-лоя и стыков, так как верхний цилиндр литейной формы сплошной, а нижний цилиндр размыкается, после разъема которого верхний цилиндр опускается вниз за счет конусного исполнения ребра, т.е. достигается поочередное формирование ребер.

Решение поставленной задачи обеспечивает полимерный изолятор, содержащий стеклоэпок-сидный цилиндр, на котором установлены фланцы, и оболочку в виде ребер из двухкомпонентного кремнийполимерного состава, за счет того, что изолятор дополнительно снабжен уплотнительными кольцами, на концах стеклоэпоксидного цилиндра выполнены утолщения, в которых вы-полнены проточки, симметрично которым во фланцах также выполнены проточки, последние сопряжены с проточками утолщений, образуя па-зы, заполненные клеящим составом, фланцы вы-полнены волнообразным уступом, который на-правлен к ребру оболочки, во фланцах, противоположно уступу, ближе к торцевой поверхности, выполнены пазы, в которых радиально установлены уплотнительные кольца, прилегающие к ци-линдру.

Для усовершенствования конструкции изолятора утолщения на стенке стеклоэпоксидного ци-линдра равны глубине проточек, фланцы выполнены из алюминиевого сплава, при этом клеящим составом служит эпоксидная смола.

Для исключения контакта изолятора с окружающей атмосферой воздуха в верхнем фланце выполнена выточка, которая расположена между волнообразным уступом и оболочкой, при этом выточка заполнена двухкомпонентным кремний-полимерным составом.

Способ изготовления полимерного изолятора заключается в том, что стеклоэпоксидный цилиндр с закрепленным нижним фланцем переворачивается и устанавливается в вертикальные направляющие,

снизу на стеклоэпоксидный цилиндр ус-танавливается литьевая форма, состоящая, на-пример, из двух коаксиально расположенных ци-линдров - верхнего и нижнего.

В отличие от прототипа, в способе согласно изобретению изготовления полимерного изолятора, верхний цилиндр литьевой формы выполняют сплошным и перемещают сверху вниз по вертикально установленным направляющим.

Нижний цилиндр литьевой формы выполняют разъемным в радиальном направлении и укрепляют на стеклоэпоксидном цилиндре, затем путем перемещения по направляющим верхний цилиндр опускают и его наружный выступ входит во внутренний паз нижнего цилиндра.

При этом внутренняя поверхность тела верхнего цилиндра состыковывают с внутренней поверхностью тела нижнего цилиндра и создавшиеся полости между каждым телом цилиндров с стеклоэпоксидным цилиндром замыкают и образуют зазор для заливки двухкомпонентным кремний полимерным составом и формирования ребер оболочки изолятора.

После заливки ребра и полимеризации двухкомпонентного кремнийполимерного состава нижний цилиндр разжимают в радиальном направлении и опускают по стеклоэпоксидному цилиндру на величину, равную расстоянию между соседними ребрами, и фиксируют на стеклоэпоксидном цилиндре.

За счет конусности готового ребра верхний цилиндр перемещают вниз для фиксации с нижним цилиндром, при этом нижнюю часть готового ребра, сформированную нижним цилиндром, перекрывают более длинной частью вновь формируемого ребра без образования облоя.

После изготовления ребер оболочки и снятия литьевой формы на свободный коней стеклоэпоксидного цилиндра закрепляют верхний фланец изолятора, выточку которого заполняют двухкомпонентным кремнийполимерным составом.

Предварительно на поверхность стеклоэпоксидного цилиндра наносят грунтовку для лучшего сцепления двухкомпонентного кремнийполимерного состава.

Двухкомпонентный кремнийполимерный состав для заливки выполняют холодного отверждения без избыточного давления.

Технический результат, достигаемый при использовании изобретения:

усовершенствована конструкция за счет выполнения сопряжения фланцев со стеклоэпоксидным цилиндром с помощью проточек, образующих пазы, которые заполняются эпоксидной смолой;

уровень частичных разрядов не превышает нормируемой величины в промежутке сопряжения фланцев со стеклоэпоксидным цилиндром;

исключается наличие и образование воздушных включений в изоляторе;

в изоляторе имеются конструктивные детали, практически, с одинаковым коэффициентом линейного расширения;

повышена надежность за счет нанесения кремнийполимерного покрытия непосредственно на стеклоэпоксидный цилиндр, что исключает появление газовых включений на границе между цилиндром и кремнийполимерным покрытием и повышает герметичность изолятора;

снижена механическая напряженность на изоляторе за счет технологии нанесения кремнийполимерного покрытия без избыточного давления и высокой температуры;

улучшена внешняя поверхность изолятора за счет исключения облоя при формировании ребер, что улучшает поверхность электрическую прочность;

обеспечена герметичность изолятора, что исключает утечку газовой или жидкой изоляции за весь период эксплуатации высоковольтного аппарата с одной стороны и предотвращает проникновение атмосферных газов во внутреннюю полость изолятора с другой стороны;

высокая ударостойкость, так как, в отличие от фарфорового изолятора, полимерный изолятор не имеет хрупкости за счет покрытия кремнийполимерным составом и имеет на порядок выше прочность от воздействия внутреннего давления за счет стеклоэпоксидного цилиндра, изготовленного из стеклонитей.

Характер проявления новых свойств изобретения: за счет выполнения утолщений на стенке стеклоэпоксидного цилиндра не нарушается его прочность; за счет выполнения пазов, заполненных клеящим составом, между фланцем и стекло-эпоксидным цилиндром исключается контакт стеклоэпоксидного цилиндра с окружающей атмосферой воздуха и обеспечивается необходимая прочность фланца со стеклоэпоксидным цилиндром; создается хорошее сцепление с двухкомпонентным кремнийполимерным составом за счет нанесения грунтовки на стеклоэпоксидный цилиндр и подготовки поверхности цилиндров литьевой формы покрытием, что исключает адгезию с внутренними поверхностями литьевой формы при формировании ребер оболочки изолятора; пошаговое опускание цилиндров литьевой формы за счет выполнения верхнего цилиндра по длине не-сколько большей нижнего цилиндра.

Полимерный изолятор и способ его изготовления согласно изобретению поясняются графически, где на фиг. 1 - полимерный изолятор, общий вид, на фиг. 2, 3 - сопряжение верхнего и нижнего фланцев со стеклоэпоксидным цилиндром, на фиг. 4, 5 - изготовление полимерного изолятора.

По изобретению полимерный изолятор содержит стеклоэпоксидный цилиндр 1, на концах которого установлены фланцы 2 и 3 (см. фиг. 1).

Фланцы 2 и 3 выполнены из алюминиевого сплава.

Ребра юбки 4 оболочки изолятора формируются на стеклоэпоксидный цилиндр 1 из двухкомпонентного кремнийполимерного состава, который полимеризуется при атмосферном давлении и температуре +18...+25°C.

Фланцы 2 и 3 выполнены с волнообразным уступом 5 и 6, который направлен к ребру 4 оболочки изолятора (см. фиг. 1, 2).

В месте установки фланцев 2 и 3 на стенке стеклоэпоксидного цилиндра 1 выполняются утолщения 7 и 8, в которых выполнены проточки 9 (см. фиг. 2, 3).

Утолщения 7 и 8 на стенке цилиндра 1 выполняются равными глубине проточек 9.

Во фланцах 2 и 3 симметрично проточкам 9 выполнены проточки 10, которые сопряжены с проточками 9 в утолщениях 7 и 8 цилиндра 1, что составляет пазы, заполненные клеящим составом, например, эпоксидной смолой (компаундом - см. фиг. 1-3).

Клеящий состав не попадает на поверхность сопряжения фланцев 2 и 3 с другими конструктивными элементами высоковольтного аппарата (не показаны), так как в верхней части верхнего фланца 2 и в нижней части нижнего фланца 3, противоположно волнообразным уступам 5 и 6, ближе к торцевой поверхности, установлены уплотнительные кольца 11, которые размещаются в пазу (не показаны) фланцев 2 и 3 и прилегают к стеклоэпоксидному цилиндру 1 (см. фиг. 1-3).

Для исключения контакта стеклоэпоксидного цилиндра 1 с окружающей атмосферой воздуха, волнообразный уступ 6 нижнего фланца 3 изолятора покрывается двухкомпонентным кремнийполимерным составом, а в верхнем фланце 2 кремнийполимерный состав заполняет выточку 12, которая расположена между уступом 5 верхнего фланца 2 и оболочкой изолятора.

Крепление верхнего и нижнего фланцев 2 и 3 с утолщениями 7 и 8 стеклоэпоксидного цилиндра 2 осуществляется с помощью клеящего состава, например, эпоксидной смолы, заполняющей проточки 9 и 10, которые, сопрягаясь между собой, образуют пазы (см. фиг. 1-3).

Площадь паза S равна отношению приложенного к фланцам 2 и 3 усилия P, которое прикладывается к фланцу с внутренним диаметром d на разрушающее давление и допустимого усилия ( $G_{cp}$ ) склеенной поверхности на срез клеящего состава, т.е.

$$S = \frac{P}{G_{cp}}.$$

$$p = \frac{\Pi d^2}{4} p, \text{ если } p = 3 \text{ МПа}$$

Суммарная ширина паза  $\sum I$  равна отношению площади S к длине окружности паза L, т.е.:

$$\sum I = \frac{S}{L}$$

$$L = \Pi d,$$

где d - диаметр стеклоэпоксидного цилиндра 1.

Количество n выполняемых пазов составит следующее выражение:

$$n \geq \frac{\sum I}{I} = \frac{\sum I}{10},$$

где I - ширина проточки 9 и 10, равная 10 мм.

Пример расчета крепления фланцев 2 и 3 для полимерного изолятора на класс напряжения 110 кВ

Диаметр фланца по отверстиям -  $D_{от}=380$  мм.

Диаметр стеклоэпоксидного цилиндра в месте утолщений 7 и 8 -  $d=262$  мм.

Допустимое максимальное усилие эпоксидной смолы на срез -  $G_{cp}=1,6$  кг/мм<sup>2</sup>.

Максимальное разрушающее давление -  $p=3$  МПа=30 кг/см<sup>2</sup>.

Разрушающее усилие на фланец -

$$P = p \frac{\Pi D_{от}^2}{4} = 30 \frac{\Pi \cdot 38^2}{4} = 34000 \text{ кг}$$

Суммарная площадь пазов -

$$S = \frac{P}{G_{cp}} = \frac{34000}{1,6} = 21254 \text{ мм}^2$$

Длина окружности паза -

$$L = \Pi d = \Pi \cdot 262 = 832 \text{ мм}$$

Суммарная ширина паза -

$$\sum I = \frac{S}{L} = \frac{21254}{832} = 26 \text{ мм}$$

При ширине проточки, равной 10 мм, количество пазов составит

$$n = \frac{\sum I}{I} = \frac{26}{10} = 2,6$$

Таким образом, для изолятора выбирается три паза шириной по 10 мм.

При креплении фланцев к стеклоэпоксидному цилиндру обеспечивается полная герметичность и высокая механическая прочность мест соединения, а нанесения двухкомпонентного кремнийполимерного состава на стеклоэпоксидный цилиндр исключает образование газовых включений на границе кремнийполимерного состава со стекло-эпоксидным цилиндром, что обеспечивает высокую электрическую прочность изолятора и снижает до минимума появление частичных разрядов при приложении к изолятору высокого электрического напряжения.

Способ изготовления полимерного изолятора заключается в следующем.

Стеклоэпоксидный цилиндр 1 с закрепленным нижним фланцем 3 переворачивается так, чтобы фланец 3 оказался вверх.

Снизу на стеклоэпоксидный цилиндр 1 устанавливается литевая форма, состоящая, например, из двух коаксиально расположенных металлических цилиндров 13 и 14 - верхнего и нижнего (см. фиг. 4, 5).

Соосно стеклоэпоксидному цилиндру 1 устанавливаются в вертикальные направляющие 15.

Верхний цилиндр литевой формы 13 является сплошным (неразъемным) и перемещается вверх или вниз по вертикально установленным направляющим 15.

Верхний цилиндр 13 имеет наружный вы-ступ 16 (см. фиг. 4, 5).

Нижний цилиндр литевой формы 14 является разъемным и плотно крепится на стеклоэпоксид-ном цилиндре 1 в рабочем состоянии для формирования начального ребра 4 оболочки изолятора.

Нижний цилиндр 14 имеет внутренний паз 17.

Внутренняя поверхность тела верхнего ци-линдра 13 представляет собой линию, которая по-вторяет контур ребра 4 оболочки изолятора, при этом между верхним цилиндром литевой формы 13 и стеклоэпоксидным цилиндром 1 образуется полость, которая в дальнейшем обеспечивает формирование ребер 4 оболочки изолятора (см. фиг. 1, 4, 5).

Внутренняя поверхность тела нижнего цилиндра литевой формы 14 является продолжением внутренней поверхности верхнего цилиндра 13 и она замыкает полость, которая формирует окончательно ребро 4 оболочки изолятора между те-лами верхнего и нижнего цилиндров литевой формы 13 и 14 и стеклоэпоксидным цилиндром 1, образуя конусный зазор 18 для заливки в рабочем состоянии двухкомпонентного кремнийполимерно-го состава.

После заливки ребра 4 и полимеризации двухкомпонентного кремнийполимерного состава, нижний цилиндр 14 разжимается в радиальном направлении и опускается на стеклоэпоксидном цилиндре 1 на величину, равную расстоянию ме-жду ребрами 4 оболочки изолятора и фиксируется на стеклоэпоксидном цилиндре 1.

За счет конусности готового ребра, верхний цилиндр 13 перемещается вниз до фиксации с нижним цилиндром 14.

При этом нижнюю часть 19 готового ребра 4, сформированную нижним цилиндром 14, перекрывают более длинной частью 20 вновь формируемого ребра 4 верхним цилиндром 13, что ис-ключает образование облоя.

Таким образом, облой, который появляется при разьеме нижнего цилиндра 14, оказывается залитым верхней частью вновь сформированного ребра 4 оболочки изолятора, что позволяет получить гладкую, без облоя и стыков, оболочку изолятора из двухкомпонентного кремнийполимерного состава (см. фиг. 4).

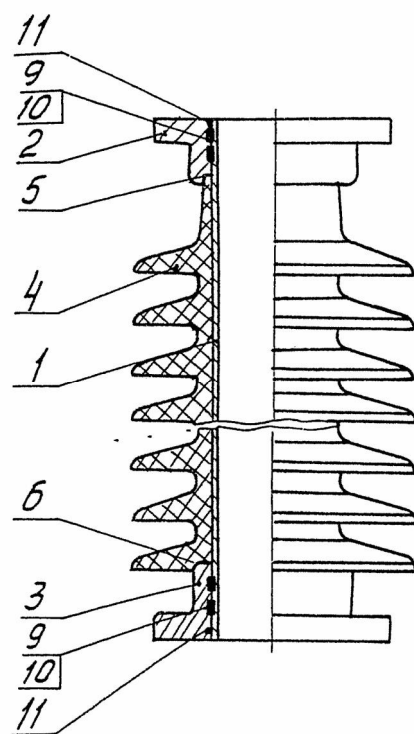
После изготовления ребер 4 оболочки изолятора цилиндры 13 и 14 литевой формы снимаются через свободный конец стеклоэпоксидного ци-линдра 1, при этом на этом конце закрепляется верхний фланец 2 изолятора, выточку 12 которого заполняют двухкомпонентным кремнийполимер-ным составом.

После изготовления изолятора, его переворачивают на 180° и изолятор готов к применению (см. фиг. 1).

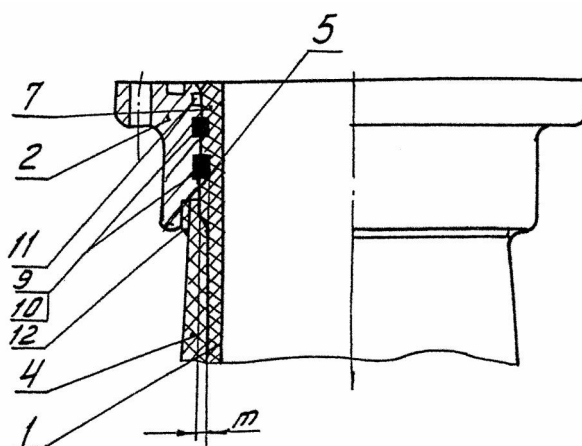
На поверхность стеклоэпоксидного цилиндра 1 предварительно наносится грунтовка для лучшего сцепления двухкомпонентного кремнийполи-мерного состава.

Кремнийполимерный компаунд, используемый для заливки, представляет собой двухкомпонентный состав холодной полимеризации без применения избыточного давления.

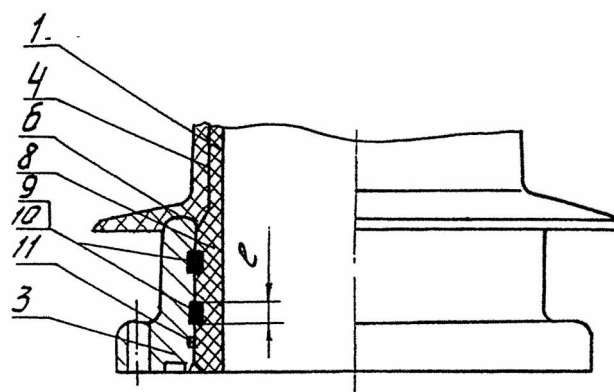
полимерный изолятор и способ его изготовления согласно изобретению позволяют: повысить срок службы изолятора за счет достаточной эластичности используемого материала при всех ви-дах деформации; гидрофобная поверхность крем-нийполимерного состава приводит к тому, что на поверхности изолятора осаждающая влага собирается в капли и скатывается, не создавая сплошной пленки увлажнения; исключить повреждения при транспортировке; автоматизировать производство полимерных изоляторов по упрощенной технологии; создать газонаполненные высоковольтные аппараты, которые экономически чистые, пожаровзрывобезопасные и при их производстве сократить до 80% энергетические затраты.

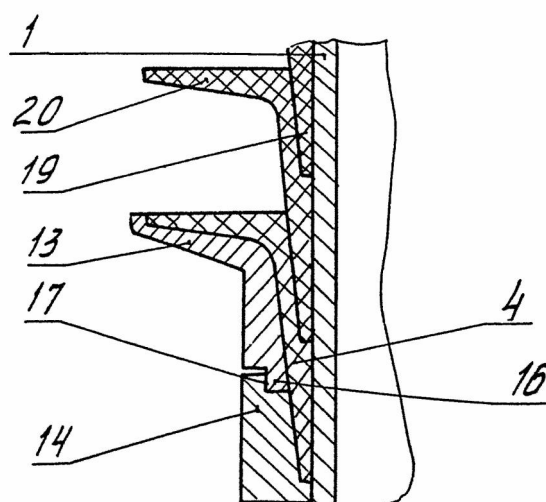


Фиг. 1

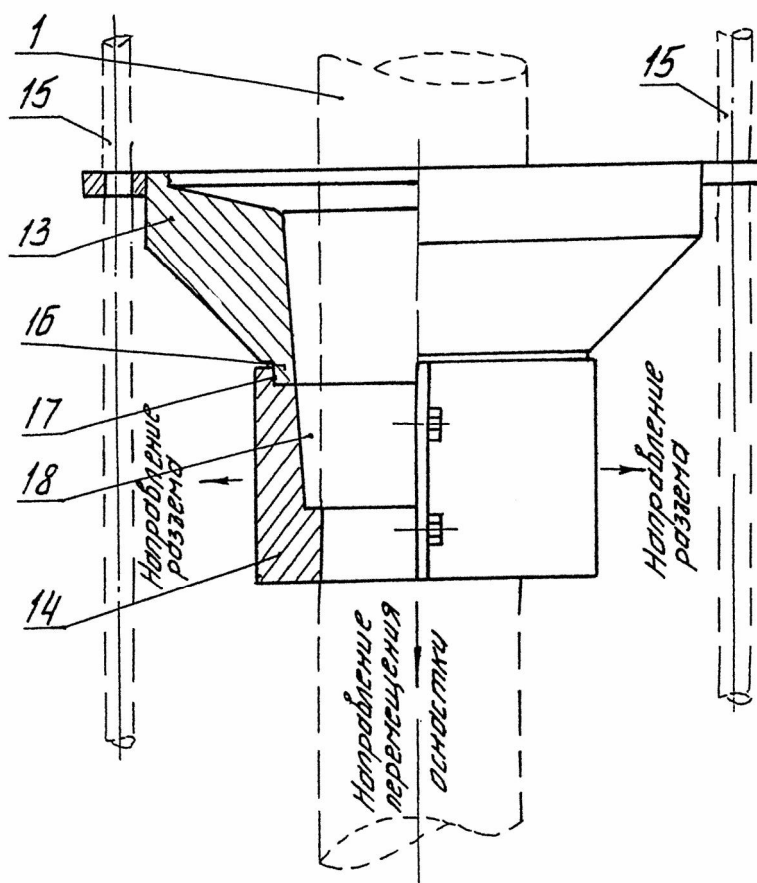


Фиг. 2





Фиг. 4



Фиг. 5