

УДК 621.311

ТРАДИЦИОННЫЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НАРУЖНОЙ
ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ
TRADITIONAL AND NEW MATERIALS FOR EXTERNAL HIGH-
VOLTAGE INSULATION

В.С. Вадейко, Е.В. Куделько, Н.С. Болтуть
Научный руководитель – Петрашевич Н.С., старший преподаватель.
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
V. Vadeyko, E. Kudelko, N. Boltut
Supervisor – N. Petrashevitch, Senior Lecturer,
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** В данной статье изложены сведения о традиционных и новых материалах наружной высоковольтной изоляции. Рассматриваются предпосылки перехода от традиционных материалов к новым, а также проблемы эксплуатации изоляторов из новых материалов.*

***Abstract:** This article provides information about traditional and new materials for external high-voltage insulation. The background for the transition from traditional materials to new ones are considered, as well as the problems of operating insulators made of new materials.*

***Ключевые слова:** изолятор, изоляционный материал, полимерный изолятор, высоковольтные линии электропередачи, композитные изоляторы.*

***Keywords:** insulator, insulating material, polymer insulator, high-voltage power lines, composite insulators.*

Введение

Наружная изоляция является неотъемлемой частью высоковольтных линий электропередачи. В настоящее время наряду с использованием традиционных изоляционных материалов происходит внедрение полимерных изоляторов. Актуальность использования полимерных изоляторов обуславливается научными достижениями в области синтеза высокопрочных композиционных материалов, которые позволяют компенсировать имеющиеся недостатки изоляторов, изготовленных из традиционных электроизоляционных материалов.

Основная часть

Материалы, используемые при изготовлении высоковольтных изоляторов воздушных линий электропередачи, выбираются таким образом, чтобы изоляторы без старения выдерживали ряд внешних воздействий: длительное ультрафиолетовое облучение, механические нагрузки разной направленности, колебания температуры, влияние токов утечки по поверхности влажного или загрязненного изолятора, воздействие электрической дуги без создания электропроводящих следов, действие неравномерного электрического поля, а также ошибки, допускаемые обслуживающим персоналом при монтаже и эксплуатации.

К традиционным материалам, используемым для электрической изоляции высоковольтных линий электропередачи, относятся фарфор, керамика и стекло.

Изоляторы из этих материалов на протяжении долгого времени характеризовались высокой надежностью и стабильностью.

Каолин – высококачественная белая глина, на основе которой изготавливаются фарфоровые изоляторы. Среди всех традиционных материалов, из которых изготавливаются изоляторы, фарфор обладает наилучшими прочностными характеристиками. Данный материал минимально подвержен старению в результате воздействия всех агрессивных выбросов предприятий, за исключением плавиковой кислоты. В условиях действия однородного электрического поля электрическая прочность материала при толщине исследуемого образца 1,5 мм составляет 30–40 кВ/мм. При этом значение электрической прочности обратно пропорционально толщине фарфорового изолятора. Опыт производства и эксплуатации данных изоляторов обеспечил создание свода достоверных и эффективных методик, позволяющих осуществлять достаточно надежный контроль их состояния.

Постепенно все большее количество фарфоровых изоляторов заменяются на стеклянные. Это объясняется электрическими и механическими свойствами стекла. По механической прочности стекло несильно уступает фарфору и в то же время лучше работает на сжатие. Причина хорошей устойчивости к сжатию заключается в том, что при производстве стеклянные изоляторы подвергаются закалке. При этом наружные слои стекла претерпевают твердение значительно раньше внутренних слоев, вследствие чего при последующей усадке внутренних слоев в толще стекла образуются растягивающие усилия, которые в результате препятствуют сжатию. Значение электрической прочности стекла при толщине образца 1,5 мм составляет 45 кВ/мм.

Керамические изоляторы так же, как и фарфоровые, изготавливаются из глины. Однако в то время как при производстве фарфоровых изоляторов используется каолин, изготовление керамических изоляторов предполагает использование коричневой, красной или пористой белой глины. Применение данных материалов при производстве определяет более низкую стоимость керамических, по сравнению с фарфоровыми изоляторами. С механической точки зрения керамика является достаточно твердым материалом, однако в экстремально холодную погоду может стать хрупкой. С целью улучшения характеристик керамических изоляторов они подвергаются глазурованию, при этом глазурь запекается только в верхнем слое.

Однако опыт эксплуатации и исследования данных материалов определили ряд недостатков. Так при увлажнении электропроводность поверхности стекла резко возрастает. Электротехнический фарфор подвержен старению, в то время как стекло претерпевает разрушение вследствие электролиза и выщелачивания. Керамические изоляторы, в свою очередь, схожи с фарфоровыми при меньшей стоимости и имеют аналогичные недостатки.

В связи с вышеперечисленными недостатками традиционных электроизоляционных материалов все большую значимость приобретает использование при изготовлении изоляторов нетрадиционных материалов. Таким образом был сформирован отдельный класс – полимерные изоляторы. Понятие «полимеры» в данном случае объединяет множество материалов,

основными из которых являются высокопрочный армированный стелоровингом эпоксидный компаунд, используемый в качестве изоляционного тела, и кремнийорганическая резина, показавшая хороший результат эксплуатации в качестве защитной оболочки изолятора. Кремнийорганическая резина характеризуется устойчивостью к старению, что обусловлено стойкостью данного материала к воздействию щелочей, кислот, устойчивостью перед ультрафиолетовым облучением, высокой гидрофобностью и эрозионной стойкостью. Кроме уже названных, материалами, используемыми для создания защитной оболочки, являются силиконовые эластомеры, политетрафторэтилен, тефлон, модифицированные фторопласты, полиолефиновые композиции и др.

Следует отметить, что изоляторы с использованием полимерных материалов могут быть изготовлены по различным технологиям, вследствие чего изоляторы подразделяют на цельные, изготовленные на основе одного полимерного материала, композитные, изготавливаемые с применением нескольких полимеров, традиционные с полимерным покрытием и традиционные с дополнительными полимерными элементами.

Наиболее часто для высоковольтных линий электропередачи используются композитные изоляторы, производителем которых в Республике Беларусь является «Арматурно-изоляционный завод». К продукции завода, применяемой в данном направлении, относятся линейные подвесные типа ЛК и опорные стержневые полимерные изоляторы типов ИОСКП, ОСК, соответствующие ГОСТ 52082-03. Также данный завод осуществляет производство изоляторов из традиционных материалов. Так среди производимой продукции числятся стеклянные подвесные тарельчатые и штыревые изоляторы.

Важными преимуществами среди полимерных изоляторов по сравнению с подвесными обладают линейные опорные изоляторы, поскольку их использование позволяет снизить высоту опор, уменьшить их габариты, а также исключить возможность «хрупкого излома», характерного для подвесных изоляторов.

Несмотря на названные выше положительные свойства полимерных материалов, следует учитывать, что в реальных условиях они гарантируются лишь в случае правильного выбора конструкции и конкретного материала с учетом предполагаемых условий среды, в которой применяется изолятор. В том же случае, если учет условий эксплуатации не был выполнен, полимерные изоляторы могут характеризоваться меньшей надежностью, чем изоляторы, изготовленные на основе традиционных материалов. Это обосновывается тем, что при разработке электрической конструкции композитных изоляторов за основу берется напряжение пробоя во время краткосрочных результатов, в то время как долгосрочная эксплуатация предполагает возможность старения материала в результате частичных разрядов, ухудшающую первоначальные свойства изолятора. Основываясь на опыте использования композитных изоляторов за рубежом, можно сделать вывод, что последние уязвимы к повреждениям, если вблизи их поверхности будут происходить частичные разряды и дуговая активность, что требует использования изоляторов со

специальными экранными электродами для ограничения воздействия электрического поля высокого напряжения на изолятор.

Важной характеристикой, определяющей спецификацию композитного изолятора, является ток утечки. При нормальных условиях выделяют три класса тока утечки на поверхности композитных изоляторов: низкий, относительно высокий ток, но далекий от значений, характерных для условия пробоя, класс значений высокого тока. Разработка традиционных изоляторов предполагает учет последнего класса тока утечки, означающего, что изолятор близок к явлению пробоя. При проектировании композитных изоляторов в свою очередь следует учитывать второй класс тока утечки, поскольку токи этого класса могут привести в долгосрочной перспективе к эрозии. Это говорит о том, что более рациональным подходом для обеспечения эффективности изоляторов будет не традиционный, основанный на классах загрязнения, а статистический, учитывающий условия окружающей среды и конкретные характеристики изолятора.

Также благоприятным для обеспечения надежной эксплуатации полимерных изоляторов является учет не только разнонаправленной механической нагрузки, но и наличия возможных постоянных повреждений, вызванных, например, неправильными методами установки.

Заключение

Таким образом обоснованным является использование для наружной высоковольтной изоляции как традиционных, так и новых, полимерных материалов. Также следует отметить, что из общего количества эксплуатируемых полимерных изоляторов лишь 1% приходится на изоляторы, установленные на высоковольтных линиях, при этом больше 90% из них – это изоляторы классов напряжений не выше 35 и 110 кВ. В настоящее время полимерные изоляторы проигрывают конкуренцию стеклянным, но при достижении технологией их производства зрелости, благодаря своим неоспоримым преимуществам доля полимерных изоляторов на рынке будет увеличиваться.

Литература

1. Most Insulator Failures Result from Improper Selection [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inmr.com/insulator-failures-result-improper-selection-2/>. – Дата доступа: 26.10.2021.
2. Новые технологии и конструкции наружной высоковольтной изоляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/28/>. – Дата доступа: 26.10.2021.
3. Номенклатура высоковольтных стеклянных и полимерных изоляторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aiz.by/katalog/izol/insul.shtml>. – Дата доступа: 26.10.2021.