

## ТРАДИЦИОННЫЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НАРУЖНОЙ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Суськова В.М.

Научный руководитель – Мышковец Е. М.

Диэлектрики, из которых изготавливаются изоляторы, должны обладать высокой механической прочностью, поскольку изоляторы, являясь элементом конструкции, несут значительную нагрузку. Также они должны иметь высокую электрическую прочность, позволяющую создавать экономичные и надежные конструкции изоляторов. Нарушение электрической прочности изолятора может происходить или при пробое твердого диэлектрика, из которого он изготовлен, или в результате развития разряда в воздухе вдоль внешней поверхности изолятора. Диэлектрики должны быть негигроскопичны (не впитывать влагу) и не должны изменять своих свойств под действием различных метеорологических факторов. При неблагоприятных условиях (дождь, увлажненные загрязнения) на поверхностях изоляторов, устанавливаемых на открытом воздухе (изоляторов наружной установки), могут возникать частичные электрические дуги. Под их действием поверхность может обугливаться и на ней могут появляться проводящие следы — треки, снижающие электрическую прочность изоляторов. Поэтому диэлектрики для изоляторов наружной установки должны обладать высокой трекинговой стойкостью.

Всем указанным требованиям в наибольшей степени удовлетворяют глазурированный электротехнический фарфор и стекло, получившие широкое распространение, а также некоторые полимерные материалы.

Фарфор является продуктом неорганической химии. Химические и физические свойства материала остаются с течением времени неизменными, так как химические реакции закончились при температуре 1300°C. В течение всего срока эксплуатации, механическая прочность не изменяется. Материал изолятора устойчив к ультрафиолетовому излучению и солнечной радиации, как и ко всем, кроме плавиковой кислоты, агрессивным химическим выбросам промышленных предприятий. Нулевая водопроницаемость и негорючесть материала.

Механические свойства фарфора – отсутствует деформация в момент приложения усилия изгиба. Для фарфора не существует термина «остаточная деформация». Температура эксплуатации изолятора практически не влияет на его механическую прочность.

Электрические свойства. На материал изолятора не оказывают влияния поверхностные электрические разряды. Со временем электрические свойства изолятора не изменяются. Высокие диэлектрические свойства фарфора практически исключают пробой изолятора.

Эксплуатационные свойства. Значительная масса. Транспортировка изоляторов требует особого внимания, так как из-за хрупкости изоляторов высока вероятность боя их посторонними предметами. Стабильность технологического процесса обеспечивает высокую надёжность изолятора. Фарфоровые изоляторы практически невозможно изготовить в кустарных условиях. Для контроля состояния изоляторов при процессах изготовления и эксплуатации достаточно достоверных и эффективных методик. Хотя наибольшая доля изоляторов, находящихся в эксплуатации приходится на фарфор, изоляторы из закаленного стекла начинают их вытеснять. Преимущества стеклянных изоляторов: они не требуют периодических испытаний под напряжением, потому что любое повреждение закаленного стекла приводит к разрушению изолирующей тарелки, которое легко обнаружить при обходе линии электропередачи эксплуатационным персоналом; процесс изготовления этих изоляторов может быть полностью автоматизирован; их прозрачность позволяет без проблем обнаружить дефекты при осмотре.

По эксплуатации можно сказать, что разрушение стеклянной части изолятора не является критическим фактором: поскольку сама гирлянда при этом остается целой и какое-то время еще может эксплуатироваться. Но если разрушение идет по механической части, с

расцеплением гирлянды, что приводит к обрыву провода — это уже экстренный случай, и необходим оперативный выезд бригады для замены поврежденного участка. По фарфору ситуация аналогичная, с той лишь разницей, что на стеклодетали пробой визуально определить проще.

Изоляторы из традиционных электроизоляционных материалов (стекло, фарфор) долгое время внушали энергетикам уверенность в надежности и стабильности. Однако последние исследования и разработки конструкций изоляторов из некерамических материалов привели к появлению целого класса нового оборудования — полимерных изоляторов. Линейные и подстанционные изоляторы делятся на несколько типов: композитные (применение нескольких полимерных материалов), цельные (применен один полимерный материал), традиционные (фарфор, стекло) с полимерным покрытием, традиционные с дополнительными полимерными элементами или ребрами.

Полимерные изоляторы наружной установки изготавливаются из эпоксидных компаундов на основе циклоалифатических смол, из кремнийорганической резины, из полиэфирных смол с минеральным наполнителем и добавкой фторопласта. Такие изоляторы имеют высокую электрическую прочность и достаточную трекинг стойкость. Высокая механическая прочность полимерных изоляторов достигается посредством армирования их стеклопластиком.

В результате анализа результатов эксплуатации полимерных изоляторов необходимо выделить кремнийорганическую резину, как наилучший материал для защитной оболочки. Применение кремнийорганической резины практически решило вопрос старения полимерных изоляторов, и позволило гарантировать работоспособность изоляторов на протяжении более 30 лет. Это связано с высокой стойкостью силиконовой резины к воздействию кислот и щелочей, стойкостью к ультрафиолетовому облучению, трекинго-эрозионной стойкостью, высокими гидрофобными свойствами. Последнее свойство поверхности приводит к тому, что процесс развития разряда по поверхности затруднен из-за отсутствия сплошной проводящей пленки смачивания. Сухие промежутки между отдельными каплями воды на поверхности изолируют и ослабляют токи утечки. Вместе с отталкиванием воды силиконовые резины отталкивают и загрязнения. Все это приводит к различной природе формирования перекрытия вдоль поверхности полимерных изоляторов и традиционных керамических, различных значений понятия «длина пути утечки». В среднем удельное разрядное напряжение полимерных изоляторов в увлажненном и загрязненном состоянии в среднем в 1,5 раза больше аналогичного показателя изоляторов из керамических материалов. При замене традиционных изоляторов на полимерные длина пути утечки может быть снижена от 20% до 50%.

Но энергетики все еще опасаются массового применения полимерных изоляторов на линиях напряжением более 220 кВ. И возможно не зря. Например, зафиксированы случаи когда на линиях напряжением свыше 110 кВ оконцеватели просто обрывались, а на линиях 35-110 кВ случалось их возгорание.

Так как производство изоляторов из полимеров не требует ни значительных финансовых вложений, ни каких-то особых помещений, как при производстве изоляторов из фарфора или стекла, рост числа предприятий работающих с полимерами несколько значителен, что уже превысил число заводов выпускающих фарфоровые изоляторы. Но из-за кажущейся простоты процесса изготовления изоляторов из полимерных материалов за их производство берутся очень многие предприниматели, не имеющие порой ни малейшего понятия об электроэнергетике.

Технология изготовления, которую применяют разные производители, рецептура композиций полимерных материалов имеют различную степень разброса, что не лучшим образом влияет на выбор изоляторов для эксплуатации в различных условиях. Следствием применения различных добавок и наполнителей, которые используются при изготовлении материала для защитной оболочки изоляторов, термином «кремнийорганическая резина» можно обозначить широкий набор абсолютно различных по свойствам, материалов. И как

подтверждается международным опытом эксплуатации полимерных изоляторов, причисление их к классу «кремнийорганический» есть ещё далеко не достаточной гарантией их надёжной работы при эксплуатации в электроэнергетике. Положение ухудшается и тем, что в действующих нормативных документах на полимерные изоляторы, в отличие от нормативных документов на керамические изоляторы, отсутствуют технические требования к материалам, из которых изготавливаются составные части изоляторов, за исключением арматуры.

«Хрупкое разрушение» стержня и пробой изоляторов под оболочкой составляют максимальное число причин отказов, как и разрушение стержня от действия частичных разрядов. Вызываются такие отказы главным образом проникновением влаги через соединение изоляционной детали с металлическим оконцевателем, растрескивание стеклопластика вызванного перегревом стержня при литье оболочки и проникновением влаги через оболочку. Вопросы, повязанные с ресурсом полимерных изоляторов, долгосрочной надёжности материалов, которые используются при их производстве и т.д. Требуют дополнительного изучения, лабораторных испытаний, и опыта эксплуатации в реальных условиях. Только тогда возможной станет выработка единого мнения о достоинствах и недостатках полимерных изоляторов.

Полимеры являются продуктами органической химии. Химические и физические и свойства непрерывно изменяются, что вызвано не прекращающимся химическим процессом, продолжающимся до полного распада полимеров на мономеры. Из-за старения полимера и при повышенных температурах уменьшается механическая прочность. Ультрафиолетовое излучение и солнечная радиация ускоряет старение полимера. Подвержен влиянию практически всех выбросов металлургических и химических производств. Водопроницаемый и пожароопасный материал.

Механические свойства. У разных изоляторов значение прогиба в момент приложения усилия изгиба может быть разной. Поэтому полимерные изоляторы крайне нежелательно применять в разъединителях класса напряжения 220 кВ и более. Как показал опыт эксплуатации, даже незначительные повреждения полимерных изоляторов нарушают их электрические характеристики, что вызывает ускоренное старение полимерных изоляторов. Из-за старения полимерных материалов и при повышенных температурах уменьшается механическая прочность.

Электрические свойства. На поверхности изолятора из-за электрических разрядов возможно появление треков и, как следствие, эрозия. Из-за старения полимерных материалов неизменно уменьшается электрическая прочность. Разгерметизация изолятора может привести к его пробою, как по воздушному промежутку полости трубы, так и по внутренней поверхности трубы изолятора.

Эксплуатационные свойства. Незначительный вес. Более стойки к актам вандализма, однако существует возможность повреждения защитной оболочки при эксплуатации острыми предметами, как и при упаковке и транспортировании. Для предотвращения повреждения защитной оболочки при монтаже необходимо соблюдать осторожность. Диагностика изоляторов довольно дорогостоящая, но не всегда позволяет выявить имеющиеся скрытые дефекты. Низкое качество нанесенного цинкового покрытия не сохраняет оконцеватели некоторых изоляторов от возникновения ржавчины, после пятидесятилетнего периода эксплуатации.

Можно уверенно говорить, что пока что отсутствие опыта эксплуатации полимерных изоляторов в течение достаточно длительного времени их производства свидетельствует не в их пользу.

Доля полимерной изоляции в общем объеме эксплуатирующихся в мире изоляторов с каждым днем увеличивается. Цена полимерных изоляторов становится ниже заменяемых фарфоровых и стеклянных, при значительно более высоких характеристиках и качестве. Новый класс высоковольтной изоляции открывает новые возможности для конструирования оборудования с новыми до сих пор недостижимыми качествами и характеристиками. Однако

отсутствие длительного опыта эксплуатации не позволяет делать окончательные выводы о полимерных изоляторах.