

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДВЕСНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Производство полимерных изоляторов на ЗАО «ИНСТА» начали в 2005 году. А это значит, что первые поставленные энергетикам изоляторы находятся в эксплуатации не более восьми лет, и при определенном технических условиях сроке службы в 25 лет беспокоиться о массовом отключении по вине изоляторов вроде бы еще рано. Но каждая презентация продукции предприятия, каждая встреча с представителями проектных и эксплуатирующих компаний заканчивается дискуссией о проблеме определения работоспособности полимерных изолирующих конструкций – ведь видимых повреждений подвесной изолятор обычно не имеет.

Понимая важность решения этого вопроса для обеспечения надежности линий электропередачи, в ПО «Форэнерго», которое координирует научно-производственную деятельность ведущих отечественных предприятий арматурно-изоляторной подотрасли, серьезно занялись разработкой индикаторов состояния полимерной изоляции. ПО «Форэнерго» объединяет ЗАО «МЗВА», ЗАО «ИНСТА», ЗАО «ЮМЭК», ООО НПП «МЭС» и др. заводы, поэтому спектр разрабатываемой продукции достаточно широк, а партнерами являются многие научные организации и не только в России.

Мы беседуем с профессором Е.Д. Кимом – известным специалистом, автором нескольких патентов в области повышения надежности полимерных изоляторов, который уже много лет успешно сотрудничает с ПО «Форэнерго».

**Энергоэксперт.** Скажите пожалуйста, действительно эта проблема настолько актуальна или энергетики слегка перестраховываются?

**Е. Ким.** Мировой опыт применения линейных полимерных изоляторов с кремнийорганической защитной оболочкой в высоковольтных электрических сетях в настоящее время превышает 30 лет. Накопленные за этот период времени данные свидетельствуют о высоких эксплуатационных характеристиках изоляторов, особенно в районах сильных загрязнений. Постоянное развитие технологии безусловно способствует повышению надежности – та же «ИНСТА» выпустила уже более 1,2 млн. штук изоляторов так называемого третьего поколения (рис. 1), и не име-

ет ни одной рекламации. Вместе с тем остается актуальной проблема старения – ухудшение изолирующих свойств изоляторов, связанное с изменениями, происходящими, в основном, от места соединения защитной оболочки, стеклопластикового стержня и оконцевателей. В процессе длительной эксплуатации, как следствие теплового воздействия, или по причине допущенного технологического нарушения при изготовлении, или вследствие грубого обращения при хранении, транспортировке и в процессе монтажа может произойти разгерметизация изолятора. При этом создаются условия для проникновения атмосферной влаги внутрь изолятора, образуются очаги начала электрического разрушения. Такого рода внутренние частичные повреждения полимерных изоляторов обнаружить чрезвычайно сложно даже при тщательном верховом осмотре с подъемом на опору. Так что требование иметь на линии индикатор, который при наблюдении с земли покажет проблемный изолятор, является справедливым.

**ЭЭ.** Что реально на сегодняшний день сделано в данном направлении?

**Е.К.** В ПО «Форэнерго» разработан индикатор воздушного перекрытия изолятора. Принцип его работы понятен из рис. 2. Подпружиненные яркие маркеры «отстреливаются» при сверхнормативном перегреве изолятора и расплавлении специально подобранного припоя. Таким образом, определяются те изоляторы, которые переключались и подлежат дополнительному инструментальному контролю. Опытные образцы изготовлены, основные испытания проведены, дело

как всегда за малым – начать опытную эксплуатацию.

Второе направление – изыскания по использованию тарельчатого подвесного стеклянного изолятора в качестве индикатора внутреннего электрического состояния полимерного изолятора. Идея известная, но при реальном конструктивном воплощении, конечно, возникает масса вопросов, решение которых требует высокой квалификации специалистов и большого объема экспериментальных работ.

**ЭЭ.** Можно рассказать подробнее?

**Е.К.** Наличие в изолирующей подвеске полимерных изоляторов последовательно соединенных с ними тарельчатых стеклянных изоляторов (рис. 3) приводит к снижению наибольших значений напряженности электрического поля у полимерных изоляторов в начальном состоянии. В то же время, по мере потери внутренней электрической прочности полимерного изолятора, происходит перераспределение электрического поля от полимерного изолятора к тарельчатому –  $\Delta U$ , что приведет к образованию электрических разрядов на поверхности тарельчатых изоляторов. Такое явление можно объяснить также исходя из закона о непрерывности тока: образно говоря, электрические процессы, которые возникают в теле полимерного изолятора, должны эквивалентно проявиться и на поверхности тарельчатого изолятора в виде разрядов. А это, в свою очередь, может привести к нагреву тарельчатых изоляторов и даже к их повреждению. Поскольку поверхностные электрические разряды сопровождаются



Рис. 1

визуальными эффектами, нагревом изоляторов и возможным повреждением, то возникновение одного из этих внешних признаков на тарельчатых изоляторах означает, что состояние полимерного изолятора достигло критического предела.

Следует учитывать, что поскольку изоляторы из полимера, из фарфора или стекла загрязняются и увлажняются в разной степени, это может привести к дополнительному перераспределению электрического поля между полимерным и тарельчатым изоляторами и внести значительную погрешность при оценке дефектности полимерных изоляторов.

Исходя из сказанного, можно сформулировать следующее: входящий в подвеску тарельчатый изолятор (изоляторы) должен быть выполнен, по меньшей мере, с механической прочностью, равной нормированной механической прочности полимерного стержневого изолятора, и для районов с высокой степенью загрязнения – с защитным покрытием из материала, аналогичного защитной оболочке полимерного стержневого изолятора. При этом наибольшее количество  $N_n$  тарельчатых изоляторов выбирают из условия:

$$N_n \leq U_n / U_b,$$

где  $U_n$  – номинальное напряжение сети;  $U_b$  – выдерживаемое влагоразрядное напряжение тарельчатого изолятора с защитным покрытием для данного района эксплуатации.

Например, защитное покрытие тарельчатых изоляторов может быть выполнено из композитов на основе кремнийорганического компаунда

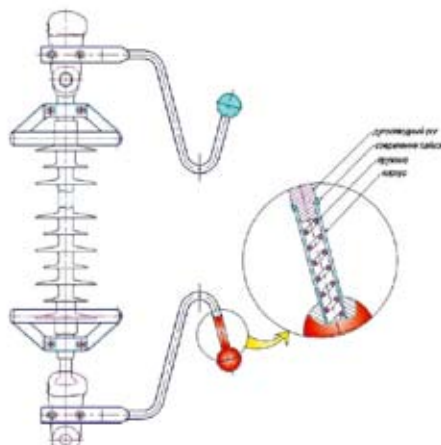


Рис. 2

холодного затверждения. В качестве тарельчатого изолятора можно использовать стандартные изоляторы из закаленного стекла. Эти технологии были отработаны на новом отечественном заводе подвесных стеклянных изоляторов ЗАО «ЮМЭК».

Как известно из опыта эксплуатации, длительные воздействия поверхностных электрических разрядов могут привести к повреждению тарельчатых изоляторов, а в случае со стеклянными изоляторами с покрытием – к видимому повреждению покрытия и разрушению изоляционной детали, что удается выявить при внешнем осмотре. Таким образом, использование изоляторов из закаленного стекла с покрытием реализует еще один признак ранней идентификации полимерного изолятора с критическим внутренним электрическим дефектом – разрушение защитного покрытия и изоляционной детали тарельчатого изолятора.

Существует вероятность спонтанного выхода из строя – пробоя полимерного изолятора с ослабленной внутренней прочностью при перенапряжениях в сети. И в этом случае стеклянный изолятор также служит как индикатор, поскольку на изоляторе остаются характерные следы воздействия силовых дуг в виде глубоких следов отслоения стекла или полного разрушения тарелки изолятора.

Дополнительно можно отметить, что при сопоставлении результатов испытаний изоляционных подвесок импульсными напряжениями выяснилось, что добавление к полимерному изолятору тарельчатого изолятора со стороны высокого потенциала (про-



Рис. 3

вода) дает увеличение импульсной прочности на 120–150 кВ (на 8–10 % для изоляторов на 330 кВ). Поэтому при необходимости для такой комбинированной гирлянды длину полимерного изолятора можно уменьшить не меньше чем на строительную высоту тарельчатого изолятора. Кроме того, установленный у токопровода тарельчатый изолятор может служить в качестве демпфера опасных для полимерного изолятора динамических нагрузок на излом при «пляске» проводов.

**ЭЭ.** Какие же выводы можно сделать, исходя из проведенных испытаний?

**Е.К.** Я уверен, что предложенная изолирующая подвеска, комбинированная из двух видов изоляторов – стержневых полимерных и тарельчатых стеклянных с аналогичной стойкостью к внешним воздействиям позволит эффективно регулировать электрическое поле вдоль изолирующей подвески, существенно упростить идентификацию процессов электрического повреждения внутренней изоляции полимерных стержневых изоляторов и, соответственно, повысить надежность работы ВЛ, а также увеличить объем применения высокоэффективных полимерных стержневых изоляторов в электрических сетях. Только для скорейшего выполнения этой задачи ПО «Форэнерго» требуется поддержка всех заинтересованных сторон и, в первую очередь, технических подразделений ОАО «Российские сети».

Беседовал Владимир Серяков