Энергосбережение – актуальный аспект применения кремнийорганических изоляторов

В последнее время при выборе типа изоляции для контактной сети все чаще предпочтение отдается полимерным изоляторам с кремнийорганической защитной оболочкой. Аналогичная ситуация складывается и в энергетической отрасли – морально устаревающая фарфоровая и стеклянная изоляция замещается современной надежной полимерной изоляцией. На страницах «Евразия Вести» уже не раз рассказывалось о преимуществах и особенностях применения кремнийорганических изоляторов. Накануне симпозиума «Элтранс -2011» мы обратились к директору по развитию ЗАО «НПО «Изолятор» Андрею Степановичу Дзюбину с просьбой рассказать еще об одном аспекте применения этих изоляторов – энергосберегающем эффекте.

ОАО «РЖД» является крупнейшим потребителем электроэнергии в России – компания потребляет около 5% всей электроэнергии, вырабатываемой в стране. Поэтому применение энергосберегающего оборудования и технологий является приоритетным направлением в энергетической стратегии ОАО «РЖД».

Одной из основных задач в области энергосбережения является уменьшение технологических потерь электроэнергии, поскольку в структуре потерь электроэнергии они являются преобладающими. Снизить технологические потери можно, лишь применяя современную инновационную технику, где влияние физических процессов, обуславливающих потери электроэнергии, существенно снижено.

Технологические потери электроэнергии при передачи ее по электрическим сетям можно структурировать следующим образом:

– потери на холостой ход силовых трансформаторов (автотрансформаторов);

– потери на корону в воздушных линиях (далее – ВЛ) 110 кВ и выше;

– потери в синхронных компенсаторах, батареях статических конденсаторов, статических тиристорных компенсаторах, шунтирующих реакторах;

– потери в соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств подстанций;

– потери в системе учета электроэнергии (трансформаторах тока, трансформаторах напряжения, счетчиках и соединительных проводах);

– потери в вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжений;

– потери в устройствах присоединений высокочастотной связи;

– потери в изоляции кабелей;

– потери от токов утечки по изоляторам;

– расход электроэнергии на собственные нужды подстанций;

– расход электроэнергии на плавку гололеда;

– нагрузочные потери в воздушных и кабельных линиях;

– нагрузочные потери в трансформаторах (автотрансформаторах);

– нагрузочные потери в шинопроводах;

– нагрузочные потери в токоограничивающих реакторах.

Применение полимерных изоляторов с кремнийорганической защитной оболочкой позволяет практически полностью избавиться от одной из вышеприведенных составляющих технологических потерь, а именно – в десятки раз снизить потери от токов утечки по загрязненной поверхности изоляторов.

Одним из основных преимуществ полимерных изоляторов с кремнийорганической защитной оболочкой производители полимерных изоляторов называют высокую гидрофобность поверхности, обеспечивающую низкие токи утечки и высокие разрядные характеристики. Токи утечки в загрязненном состоянии у полностью смоченного фарфорового изолятора со сплошной водяной пленкой на поверхности и у кремнийорганического – с капельным водяным слоем на поверхности могут отличаться на два порядка. Если загрязненную смоченную поверхность изолятора рассматривать как проводник с большим электрическим сопротивлением, то защитные свойства гидрофобной поверхности обеспечиваются наличием множества разрывов в проводнике (сухие участки поверхности между каплями).

Поверхность многих полимерных материалов в первоначальном состоянии является гидрофобной, однако по мере накопления загрязнений и в результате старения под воздействием солнечной радиации гидрофобность поверхности большинства материалов теряется. Уникальным свойством кремнийорганики является сохранение гидрофобности поверхности даже в загрязненном состоянии на протяжении всего срока службы.

Гидрофобизация загрязненной поверхности кремнийорганического изолятора обеспечивается за счет наличия в кремнийорганической резине молекул с низким молекулярным весом, которые, не имея связей с другими молекулами, мигрируют из толщи материала на поверхность и пропитывают загрязнения, не удаленные дождями и ветром. По данным производителей кремнийорганических резин низкомолекулярная фракция может пропитывать слой загрязнений толщиной до 1,5 мм, придавая ему свойство гидрофобности. Это замечательное качество кремнийорганики сохраняется на протяжении не менее чем 30 лет, обеспечивая низкие токи утечки в увлажненном состоянии в течение всего нормативного срока службы.

Для оценки уровня потерь электроэнергии от токов утечки по внешней поверхности изоляторов различного типа в ЗАО «НПО «Изолятор» была проведена исследовательская работа.

С нескольких железных дорог – филиалов ОАО «РЖД» были собраны стеклянные, фарфоровые и полимерные изоляторы, эксплуатировавшиеся на контактной сети от 5 до 40 лет. На изоляторах с естественным слоем загрязнения в увлажненном состоянии были замерены токи утечки и рассчитаны значения проводимости слоя загрязнения.

Эксперименты показали, что проводимость слоя загрязнения на стеклянных и фарфоровых изоляторах приблизительно одинаковая. Средний уровень удельной поверхностной проводимости слоя загрязнений на отобранных стеклянных и фарфоровых изоляторах без учета проводимости осадков составил 1,26 мкСм, что соответствует 1 степени загрязнения атмосферы, а на кремнийорганических – 0,06 мкСм, что примерно в 20 раз ниже.

Поскольку величина тока утечки прямо пропорциональна проводимости, то можно было бы говорить о том, что потери электроэнергии из-за утечек тока на кремнийорганических изоляторах приблизительно в 20 раз ниже, чем на стеклянных и фарфоровых изоляторах. Однако дополнительным фактором, снижающим потери электроэнергии на изоляторах с кремнийорганической защитной оболочкой, является более высокий коэффициент формы, чем у стеклянных и фарфоровых изоляторов, обусловленный меньшими диаметральными размерами кремнийорганических изоляторов.

Проводимость слоя загрязнения на демонтированных с действующей КС изоляторах

Материал изоляции	Средняя проводимость естественного слоя загрязнений изоляторов в увлажненном состоянии, мкСм
Стекло	**1,42**
Фарфор	**1,17**
Кремнийорганика	**0,06**

Таким образом, зная количество влажных часов в году, коэффициент формы изолятора и удельную поверхностную проводимость, можно легко рассчитать потери электроэнергии от утечек тока на одном изоляторе или гирлянде изоляторов. Влажный период (туман, роса, дождь, мокрый снег), когда по изолятору протекают повышенные токи утечки, по данным из различных источников в среднем по России составляет от 10% до 15% всего эксплуатационного периода. Результаты расчетов потерь электроэнергии из-за утечек тока на изоляторах различных типов, полученные на основе экспериментальных данных, при этом количество влажных часов в году принималось равным 876 час. (10% от всего периода эксплуатации).

Расчеты показывают, что потери электроэнергии на загрязненных стеклянных и фарфоровых изоляторах из-за утечек тока по поверхности при напряжении 27,5 кВ довольно значительные и составляют величину порядка 300 кВт/час в год, что в денежном эквиваленте составляет сумму около 1000 руб. в год на одном изоляторе. Потери на кремнийорганических изоляторах меньше примерно в 50 раз. Учитывая стоимость полимерных изоляторов с кремнийорганической защитной оболочкой, можно считать, что срок окупаемости их применения на контактной сети 27,5 кВ за счет экономии электроэнергии составляет от 2 до 3 лет.

На контактной сети постоянного тока 3 кВ экономия существенно меньше из-за низкого уровня напряжения. Однако, соотношение между токами утечек на изоляторах из различных материалов остается таким же, как и на переменном токе. На постоянном токе преобладающим эффектом от уменьшения токов утечки является существенное снижение электрохимической коррозии деталей и узлов контактной сети, что также приводит к экономии на ремонте и замене данного оборудования и материалов.

Попробуем оценить потенциальную экономию от применения полимерных изоляторов в масштабах ОАО «РЖД».

Поскольку точное количество эксплуатирующихся фарфоровых изоляторов и гирлянд стеклянных изоляторов на контактной сети 27,5 кВ в ОАО «РЖД» нам не известно, то мы можем лишь приблизительно, исходя из косвенных данных считать, что их количество колеблется в пределах от 3 до 4 миллионов. При этом количестве изоляторов потери электроэнергии на утечки тока составляют величину порядка 1 млрд. кВт.час в год, а потенциальный уровень экономии в случае применения полимерных изоляторов в денежном выражении – около 3 млрд. рублей в год.

Если воспользоваться методикой расчета потерь электроэнергии из-за утечек тока по изоляторам, приведенной в «Инструкции по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям», адаптировав ее с линейного на фазное напряжение и учитывая различное количество изоляторов на 1 км длины на ВЛ и КС, то можно получить величину потерь электроэнергии на 1 изоляторе 27,5 кВ, равную 60 кВт.час в год, что примерно в 5 раз меньше значений полученных нами из экспериментальных данных.

Объясняется это просто: высоковольтные линии электропередач чаще всего проходят в районах со слабым загрязнением и, соответственно, утечки тока по изоляторам не столь значительны, как на контактной сети железных дорог, где изоляторы подвержены загрязнению выхлопами тепловозов и перевозимыми сыпучими грузами. Аналогичные описываемым исследования, проведенные в «НПО «Изолятор» на изоляторах, собранных с действующих ВЛ в энергосистемах, подтвердили это предположение – средняя удельная поверхностная проводимость на изоляторах, собранных с ВЛ, оказалась в несколько раз ниже, чем на изоляторах, эксплуатировавшихся на контактной сети железных дорог.

Возможно, экономия за счет снижения токов утечки по изоляторам не столь значительна в масштабах крупнейшего в России потребителя электроэнергии и составляет менее 1% от потребляемой ОАО «РЖД» электроэнергии, но она несомненно является еще одним из преимуществ кремнийорганических изоляторов. ■

Потери электроэнергии в год из-за утечек тока на изоляторах различных типов

Тип изолятора	Материал изоляции	Коэффициент формы изолятора (гирлянды изоляторов)	Проводимость поверхности, мкСм	Номинальное Напряжение, кВ	Приблизительные потери электроэнергии в год на 1 изоляторе (гирлянде), кВт.час
Гирлянда из 4 изоляторов ПС 70Е	**Стекло**	**3,36**	**1,26**	**27,5**	**248**
ПСПКр 70-25/1,1	**Кремнийорганика**	**9,0**	**0,06**	**27,5**	**4,5**
VKL 60/7	**Фарфор**	**3,0**	**1,26**	**27,5**	**317**
ФСПКр 120-25/0,95	**Кремнийорганика**	**5,6**	**0,06**	**27,5**	**8,1**