

В нашей стране уже накоплен значительный опыт проектирования и строительства кабельных линий классов до 500 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. Вместе с тем в этой области до сих пор есть ряд нерешенных проблем, как давно известных, так и проявившихся недавно, в процессе эксплуатации линий. В новом материале Михаил Викторович Дмитриев делится своими соображениями о путях решения наиболее важных проблем в области сооружения линий электропередачи на базе кабелей со СПЭ-изоляцией.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6–500 кВ

Актуальные проблемы

В настоящее время в сетях 6–35 кВ большинство прокладываемых кабелей – это однофазные или трехфазные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Если говорить о сетях 110–500 кВ, то здесь абсолютно все новые кабели – это однофазные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Промышленность готова производить различные кабели, но, к сожалению, не все новинки оказываются удобны в монтаже и эксплуатации. Например, недавно одним из заводов было анонсировано производство трехфазных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена классов 6–35 кВ, имеющих не круглые жилы, а секторные. По замыслу разработчиков, благодаря такой форме жилы удалось минимизировать внешний диаметр кабеля, снизить его вес и стоимость, добиться лучшей гибкости. Однако в целом монтажные организации негативно восприняли информацию о появлении такого кабеля, объяснив свою реакцию потенциальными проблемами, которые возникнут у монтажника, когда он во время монтажа муфты будет пытаться удалить полупроводящий слой с изоляции, имеющей сложную форму, особенно в отсутствие инструмента для некруглых жил.

Другим примером не самой удачной кабельной продукции, на мой взгляд, являются однофазные бронированные кабели [1]. В частности, от применения подобных кабелей на классы 6–35 кВ уже отказались энергетики «Лукойла», и главным аргументом здесь стали значительные потери активной мощности в броне, изготовленной из проволок алюминия.

О наличии таких потерь в броне в каталогах кабельной продукции даже не упоминается, то есть сложившаяся сейчас ситуация полностью идентична той, которая уже была лет 5–10 назад, когда в каталогах отсутствовала информация о потерях в медных экранах однофазных кабелей. Отсутствие этой информации тогда вызвало большое число ошибок при проектировании кабельных линий, привело к повреждению некоторых линий сразу по всей трассе и необходимости их полной замены.

К сожалению, темпы разработки нормативных документов всегда будут отставать от тех темпов, с которыми заводы и проектные организации предлагают всё новые и новые технические решения, и поэтому здесь остается посоветовать заинтересованным специалистам быть осторожнее в отношении кабельных сетей, где стоимость ошибки крайне высока. Хочется также надеяться, что нормы будут периодически обновляться.

НОВЫЙ ГОСТ НА КАБЕЛИ

В России имеется несколько нормативных документов по силовым кабелям, которые разработаны около 5–7 лет назад, главным образом благодаря усилиям ПАО «ФСК ЕЭС». За последние годы накопился определенный опыт, и в указанные нормы было бы полезно внести дополнения и уточнения. Поскольку для введенных в действие стандартов это непростая задача, то известные надежды возлагались на совершенно новый документ, подготовку которого ПАО «Россети» поручило московскому «Энергосетьпроектору». Речь идет о новом ГОСТе «Кабельные линии напряжением от 6 до 500 кВ. Требования к технологическому проектированию».



Михаил Дмитриев,
к.т.н., доцент,
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Указанный ГОСТ изначально подразумевался как документ, посвященный только однофазным кабелям 110–500 кВ, но стало ясно, что имеется много вопросов и по другим кабелям, в результате чего были добавлены и классы 6–35 кВ, и трехфазные кабели, и подводные кабели. В середине 2016 г. итоговая редакция проекта ГОСТа обсуждалась в Россетях на согласительном совещании, на котором, как и ожидалось, возникла тупиковая ситуация. С одной стороны, представленная редакция формально удовлетворяет всем требованиям технического задания на ее разработку, но с другой стороны, формулировки излишне общие и обтекаемые, в стиле международных документов, и в таком виде, как посчитал ряд собравшихся, ГОСТ вряд ли кому-то будет нужен.

Конечно, едва ли получится разработать за 500 тыс. рублей (примерно таков бюджет) нормативный документ, где были бы решены все проблемы кабельных сетей 6–500 кВ, каждая из которых – это тема для отдельного научного исследования и серии экспериментов. Поэтому считаю, что имеющуюся редакцию ГОСТа всё же лучше утвердить, ведь даже обобщенные формулировки позволят избежать грубых ошибок, пока еще встречающихся при проектировании сетей.

Если говорить о вопросах, на которые, вне зависимости от судьбы ГОСТа, лучше обратить внимание в ближайшее время, то они, по моему мнению, таковы:

- изучение причин повреждения соединительных и транспозиционных муфт;
- наведение порядка с узлами транспозиции экранов кабелей 6–500 кВ;
- наведение порядка в вопросах строительства кабельных линий в трубах;
- ограничение использования однофазных кабелей в сетях среднего напряжения с изолированной (компенсированной) нейтралью 6–35 кВ и переход на применение в таких сетях трехфазных кабелей;
- внедрение резистивного заземления нейтрали в кабельных сетях 6–35 кВ и в первую очередь в тех сетях, где много однофазных кабелей.

ПОВРЕЖДЕНИЕ МУФТ

Повреждение муфт традиционно связывают с небрежным или некачественным монтажом, однако есть уже несколько объектов, где очевидно, что причины иные. Например, в одном из городов юга России за короткое время на новых линиях 110 кВ зафиксировано около десятка поврежденных муфт. Аналогичная ситуация в Казахстане, где на новых линиях 220 кВ за пару лет повреждено уже около 15 муфт.

В обоих случаях речь идет о муфтах известных производителей с мировым именем, и поэтому искать причины столь массовых аварий приходится не только в самих муфтах, но и в комплексе сторонних факторов. Интересно, что почти все аварии происходят непосредственно в момент включения кабельной линии в сеть или сразу после него, однако в остальных условиях эксплуатации данных линий 110 и 220 кВ отличаются.

Монтаж полимерных колодцев

Фото 1 •



Бетонный колодец, заполненный водой

Фото 2 •



Обрушение потолка бетонного колодца

Фото 3 •



Если говорить о 110 кВ, то там кабельные линии очень часто коммутируются, что необходимо диспетчерам для удержания уровня напряжения 50 Гц в сети, не оснащенной в нужной мере средствами компенсации реактивной мощности кабелей. В частности, в ночное время, когда в сети падает нагрузка, реактивная мощность, генерируемая в сеть емкостью кабелей, приводит к росту напряжения в узлах сети, и для недопущения повышений напряжения промышленной частоты здесь приходится отключать некоторые линии десятки и даже сотни раз в течение года.

Если говорить о 220 кВ, то тут линия не чисто кабельная, а смешанная, т. е. имеет и кабельные, и воздушные участки. На этом объекте годовое число коммутаций уже гораздо меньше и они вызваны или грозowymi перенапряжениями на воздушном участке, или плановыми отключениями для проведения ремонтных работ (в том числе по замене какой-нибудь очередной поврежденной муфты).

Расчеты, проведенные и в сети 110 кВ, и в сети 220 кВ с учетом специфики того и другого объектов, показали, что коммутационных перенапряжений, величина которых была бы опасна для новой исправной муфты, не возникает. Поэтому есть основания считать, что причина повреждений кроется в снижении электрической прочности муфт, и этому могут быть следующие предпосылки:

- большое число коммутаций, каждая из которых расходует ресурс изоляции (скорее относится к случаю 110 кВ, где таких коммутаций слишком много);
- разряды молнии в воздушный участок, появление грозowych перенапряжений и их переход на кабельный участок (скорее относится к случаю 220 кВ, отчасти потому, что не на всех переходных опорах были установлены ОПН 220 кВ);
- механические напряжения в муфте, возникающие в условиях давления на нее грунта при недостаточной (или вовсе отсутствующей) механической защите.

Каждая из высказанных гипотез требует серии исследований, но зато в итоге есть надежда объяснить происходящие процессы и скорректировать проекты для недопущения подобных аварий в будущем.

ТРАНСПОЗИЦИЯ ЭКРАНОВ

При строительстве кабельных линий классов номинального напряжения от 6 до 500 кВ, выполненных однофазными кабелями, в ряде случаев приходится обустраивать транспозицию экранов. Транспозиция экранов кабельной линии, проложенной в грунте, выполняется в коробках транспозиции, размещаемых в колодцах транспозиции.

Колодцы транспозиции должны обладать следующими важными свойствами:

- механическая прочность в условиях давления грунта и транспорта;
- герметичность (защита от проникновения дождевой и грунтовой воды);

- электробезопасность для персонала и сторонних лиц;
- стойкость к воздействию агрессивной среды, дорожных реагентов;
- горючесть ПВ-0 по ГОСТ Р 28157-89 [2];
- сохранение всех свойств на протяжении срока службы кабельной линии.

В наибольшей степени указанным требованиям удовлетворяют полимерные кабельные колодцы транспозиции полной заводской готовности (фото 1), которые по всем параметрам превосходят традиционные железобетонные колодцы, всё время протекающие (фото 2) и постепенно разрушающиеся (фото 3).

Помимо решения двух проблем, отраженных на фото 2 и 3, применение новых полимерных колодцев позволит избавиться и от еще одной, не менее актуальной: речь идет о безопасности людей при их нахождении вблизи колодца или внутри. В настоящее время для колодца требуется сопротивление заземления 0,5 Ом, которое так и остается на бумаге, а на объекте монтажникам удается достичь лишь 4–6 Ом, чего не всегда достаточно для защиты людей от поражения шаговым напряжением или напряжением прикосновения.

В статье [3] было указано, что переход на полимерные колодцы автоматически обеспечит безопасность, а для колодца будет достаточно иметь легко достигаемое сопротивление заземления 10–20 Ом.

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ В ТРУБАХ

Десять лет назад при строительстве кабельных линий трубы применялись главным образом в местах пересечения с дорогами и инженерными сетями, однако с годами всё большее число кабельных линий имеет протяженные трубные участки. Это вызвано как развитием возможностей метода горизонтально-направленного бурения (ГНБ), так и возросшей сложностью проведения открытых земляных работ (рытье траншей) в городских условиях.

Полимерные трубы, в которых прокладывают кабельные линии, должны быть способны сохранять все свои механические свойства на протяжении срока службы кабеля, что позволит беспрепятственно извлекать кабель из трубы в случае необходимости. Способность полимерной трубы сохранять свои свойства при нагреве (например, теплом проложенного кабеля) называется термостойкостью. Трубы, в которых прокладываются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, должны быть термостойкими при температуре не менее 90 °С.

Как следует из заключений Росстандарта и Федерального испытательного центра, применение труб холодного водоснабжения, выполненных из полиэтилена низкого давления (ПНД), при строительстве кабельных линий недопустимо, ведь данный материал термостоек при температуре всего 20–40 °С. По этой же причине при строительстве кабельных линий 6–500 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена нельзя использовать обычные красные двустенные гофрированные трубы, ведь их основу также составляет упомянутый ПНД.

Лишившись возможности поставлять на объекты энергетики обычные трубы из ПНД, трубные заводы открывают подразделения силовых кабелей, пытаясь предлагать рынку все те же ПНД-трубы, но в завуалированной форме. Например, такие предприятия при изготовлении ПНД-труб окрашивают их в яркий красный цвет, а в обозначении трубы добавляют пояснение вроде «электро» и т.п.

Как установить потребительские свойства поставленной на объект трубы и ее пригодность для нужд кабельных сетей – серьезный вопрос, требующий решения. Пока же можно сказать, что ПНД – это горючий материал и появление на рынке кабельных негорючих полимерных труб категории ПВ-0 по ГОСТ Р 53313-2009 [4] отчасти затруднит работу недобросовестных поставщиков.

Еще одно принципиальное отличие кабельных труб от водопроводных или газовых заключается в том, что кабельные трубы классифицируются не по диаметру и размерному отношению SDR, а по диаметру и кольцевой жесткости SN.

Кроме того, следует сказать, что некоторые предприятия ошибочно предлагают для сетей 6–500 кВ трубы, произведенные по ГОСТ Р МЭК 61386-2014 «Трубные системы для прокладки кабелей», полагая, видимо, что сетевые компании обратят внимание только на название ГОСТа. Вместе с тем в разделе «Область применения» этого документа говорится, что он распространяется на низковольтные сети классов напряжения до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока.

Очевидно, что никакого отношения к сетям 6–500 кВ указанный стандарт не имеет и наличие сертификата на соответствие требованиям данного нормативного документа не дает оснований поставлять трубы в сети 6–500 кВ. Именно такую позицию заняли Росстандарт и Федеральный испытательный центр, и она изложена в серии официальных писем этих организаций.

РЕЗИСТИВНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ

В сетях среднего напряжения 6–35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью традиционно применялись трехфазные кабели. Поэтому в кабельных сетях не возникало особых проблем с поиском места однофазного замыкания на землю, ведь в случае повреждения одной из фаз трехфазного кабеля авария быстро разовьется до двухфазного и трехфазного короткого замыкания, которое будет отключено обычной токовой защитой.

Появление в сетях 6–35 кВ однофазных кабелей привело к тому, что в отличие от трехфазного кабеля повреждение одной из фаз редко перекидывается на две другие, и у эксплуатирующей организации возникает проблема поиска места однофазного замыкания на землю, а эта проблема до сих пор не нашла надежного решения. Выход из ситуации видится в применении в кабельных сетях 6–35 кВ не однофазных, а трехфазных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, по крайней мере на тех линиях, где не требуется сечение жилы более 240–300 мм². Другим выходом из ситуации может быть перевод сети 6–35 кВ на резистивное заземление нейтрали и селективное отключение однофазных замыканий на землю.

В России кабельная отрасль пока еще достаточно динамично развивается и трансформируется, накапливается опыт эксплуатации, появляются новые решения и новые проблемы. Для обсуждения актуальных вопросов, по моему мнению, важно периодически проводить совещания, конференции, презентационные дни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев М.В. Бронированные кабели 6–35 кВ. Проблемы и возможные решения // Новости ЭлектроТехники. 2015. № 6(96). С. 42–45.
2. ГОСТ Р 28157-89. Пластмассы. Методы определения стойкости к горению.
3. Дмитриев М.В. Колодцы транспозиции экранов КЛ 6–500 кВ. Правило «100 В» // Новости ЭлектроТехники. 2016. № 2(98).
4. ГОСТ Р 53313-2009. Изделия погонажные электромонтажные. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний.