

Двухслойная оболочка силового кабеля: в чем ее преимущество?

Музафаров Р. Н., директор по направлению ООО «ДС-Инжиниринг»

Рудаков А. А., инженер ООО «ДС-Инжиниринг»

Значительное количество (до 50%) отказов (пробоев) в силовых кабелях происходит по причине нарушений целостности оболочек кабелей.

Кабельная оболочка — непрерывная металлическая или неметаллическая трубка, расположенная поверх сердечника и предназначенная для защиты его от влаги и других внешних воздействий (ГОСТ 15845-80. Изделия кабельные. Термины и определения).

Наиболее частые причины, приводящие к нарушению целостности оболочки:

- местные повреждения и царапины на поверхности оболочки при транспортировке и монтаже;
- механические радиальные и осевые напряжения в самой оболочке, заложенные при экструзии оболочки;
- в процессе эксплуатации кабеля, в поврежденных участках поверхности оболочки, в местах изгиба кабеля, при отрицательных температурах создается концентрация напряжений, приводящих к зарождению микротрещин, которые со временем прорастают до сквозных трещин;
- при напряженном состоянии оболочки микротрещины с поверхности начнут быстро прорастать сквозь всю толщину оболочки (при этом толщина оболочки влияет только на время до полного прорастания трещины и не является спасением от разрушения).

Таким образом, разрушение оболочки кабелей в преобладающем большинстве начинается с поверхности оболочки в местах, где имеются поверхностные повреждения, приводящие к зарождению микротрещин, а внутренние напряжения в самой оболочке и смена температуры кабеля (годовая и суточная) будут способствовать росту микротрещины в магистральную (сквозную).

Как видно из графика рисунка 1, повреждаемость кабелей в течение года непостоянна, имеются три характерных пика повреждаемости, чередующихся периодами:

- первый (максимальный) приходится на апрель;
- второй (меньше первого) — на июль;
- третий (меньше второго) — на октябрь.

Пики повреждаемости сдвинуты относительно друг друга примерно на три месяца. Первому пику предшествует трехмесячный период зимнего затишья. Резкое повышение повреждаемости в апреле вызвано, в основном, общим весенним увлажнением. Скорость развития дефекта, связанного с нарушением оболочки кабеля, определяется также и скоростью увлажнения изоляции.

Авторы исследования* полагают, что отмеченные особенности повреждаемости кабелей имеют устойчивые характеристики, типичные для городов с аналогичными климатическими условиями.

Современный подход к сохранению кабелей от внешних воздействий — прокладка в полимерных трубах не исключает проявление технологических факторов и преждевременного выхода кабеля из строя.

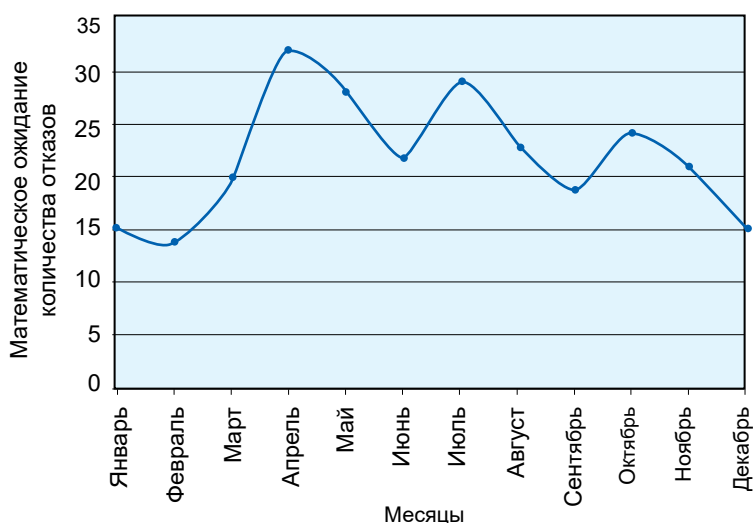


Рис. 1. Повреждаемость кабелей в течение года

* Рожнецова Н. В., Ларионова А. М., Ларионов С. Н. Факторы надежности при проектировании и эксплуатации кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена // Известия высших учебных заведений. Электромеханика, 2010, № 4. С. 32–36.

Кроме того, этот способ защиты и сохранения в рабочем состоянии кабеля — достаточно дорогой и не может применяться широко.

На основании всех вышеперечисленных выводов специалисты «ДС-Инжиниринг» высказали предположение, которое и легло в основу будущего конструктивного решения — силового кабеля с системой защиты от механических повреждений ARMOLIGHT™.

Если разрушение оболочки кабеля начинается с поверхности, оболочку предлагается сделать из двух слоев: внутреннего и наружного, разделенных тонким барьерным слоем (например, полимерной ленты небольшой толщины), который будет непреодолимым препятствием для магистральной трещины из наружного слоя. Тогда, даже при разрушении наружного слоя оболочки, внутренний слой сохранит целостность и обеспечит работоспособность кабеля.

При изготовлении оболочки из двух слоев предпочтительным материалом для внутреннего слоя будет полимерный материал, обеспечивающий гибкость кабеля, для внешнего слоя — полиэтилен высокой плотности (как более стойкий к механическим воздействиям), между ними — барьерный слой из полимерной ленты, наложенной обмоткой с перекрытием краев (рисунок 2).

Практика применения барьерного слоя не нова. Она была применена при разработке малоиндуктивных кабелей, способных пропускать импульсы большой мощности при малой толщине изоляции. После нескольких импульсов изоляция пробивалась. Тогда изоляцию разделили на два слоя, а между ними наносился обмоткой барьерный слой из слюдинитовых лент, и дендрит (микротрещина), зарождавшийся на жиле, дорастал до барьерного слоя, но прорасти через него не мог, что повышало ресурс кабеля за счет сохранения наружного слоя изоляции.

Для проверки поведения сдвоенной оболочки кабеля к стойкости при внешних воздействиях, в лаборатории Ассоциации «Сертификационный испытательный центр» (г. Санкт-Петербург) были проведены испытания силового кабеля марки АПвП2г с защитной оболочкой ARMOLIGHT™ 1×500/95-10 кВ. Испытания проводились на стойкость сдвоенной оболочки к механическому удару в соответствии с требованиями ГОСТ IEC62262-2015.

Испытаниям подвергались три образца кабеля.

Выводы по результатам проведенных испытаний кабеля со сдвоенной оболочкой:

Сдвоенные оболочки трех образцов кабеля ARMOLIGHT™ 1×500/95-10 кВ выдержали испытания на стойкость к удару в соответствии с требованиями ГОСТ IEC62262-2015. Каждый образец кабеля подвергался трем ударам в одну точку поверхности оболочки одной энергией удара: 10, 20 или 50 Дж.

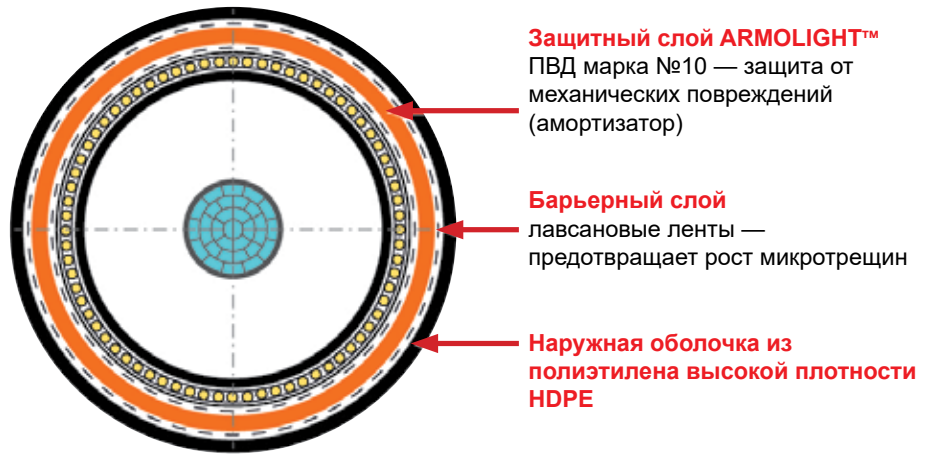


Рис. 2. Конструкция силового кабеля с системой защиты от механических повреждений ARMOLIGHT™

Разрушений, трещин или микротрещин в наружной оболочке не обнаружено.

Отсутствие вдавливания на поверхности электропроводящего слоя по изоляции указывает на то, что энергия ударов почти целиком поглощается внутренней оболочкой из более мягкого полимера, и она выполняет при этом функцию амортизатора для внешней оболочки, что снижает риск разрушения при механическом воздействии на внешнюю оболочку и является дополнительным положительным эффектом в применении сдвоенных оболочек кабелей.

Тип материала и характеристики оболочки силового кабеля должны соответствовать способу прокладки и месту расположения кабельной линии. Усовершенствование конструктивных решений по нанесению оболочки силовых кабелей из полимерных материалов позволяют использовать кабели повышенной надежности и применять их в насыщенных городских сетями коммуникациях.

Применение двойных оболочек с барьером обеспечивают дополнительные преимущества при эксплуатации кабельных линий, испытаниях силовых кабелей после прокладки и в процессе эксплуатации.

Данные выводы позволили «ДС-Инжиниринг» успешно продемонстрировать эксплуатационный и экономический эффект от использования кабеля данной конструкции на конкурсе инновационных проектов и разработок в сфере электроэнергетики «Энергопрорыв-2021».

Участие в конкурсе, а также высокая оценка со стороны отраслевых экспертов говорит о перспективах применения двухслойных оболочек для решения реальных задач, которые стоят перед российским электросетевым комплексом.



197376, г. Санкт Петербург,
ул. Профессора Попова, д. 23М
+7 (812) 610-02-28, dc@dc-en.ru