

Анализ состояния ADSS-кабеля после 15 лет эксплуатации

Приведенные в предыдущих статьях (ссылки на них размещены в конце данного материала) исследования о старении ВОЛС, были построены в основном на лабораторных экспериментах. Очевидно, данные результаты могут несколько не соответствовать действительности. В связи с этим значительный интерес представляли бы результаты анализа кабеля, проработавшего длительное время в реальных полевых условиях. В данной статье как раз приведен анализ состояния одного такого кабеля.

Полностью диэлектрический самонесущий кабель был демонтирован с 132 кВ ЛЭП после 15 летней службы. Представилась возможность изучить поверхность кабеля после такой длительной эксплуатации. Рассмотрим сначала как эксплуатировался данный кабель. Рисунки 1-3 иллюстрируют относительное расположение оптоволоконного кабеля ADSS по отношению к фазным проводам на опорах ЛЭП и на пролете между ними. Как видно из рисунка 1, анализируемый ОК ADSS был закреплен в центральной части опоры ЛЭП на высоте нижней траверсы, между двумя нижними фазными проводами, что было обусловлено механическим удобством монтажа кабеля и минимизацией затрат на оборудование.

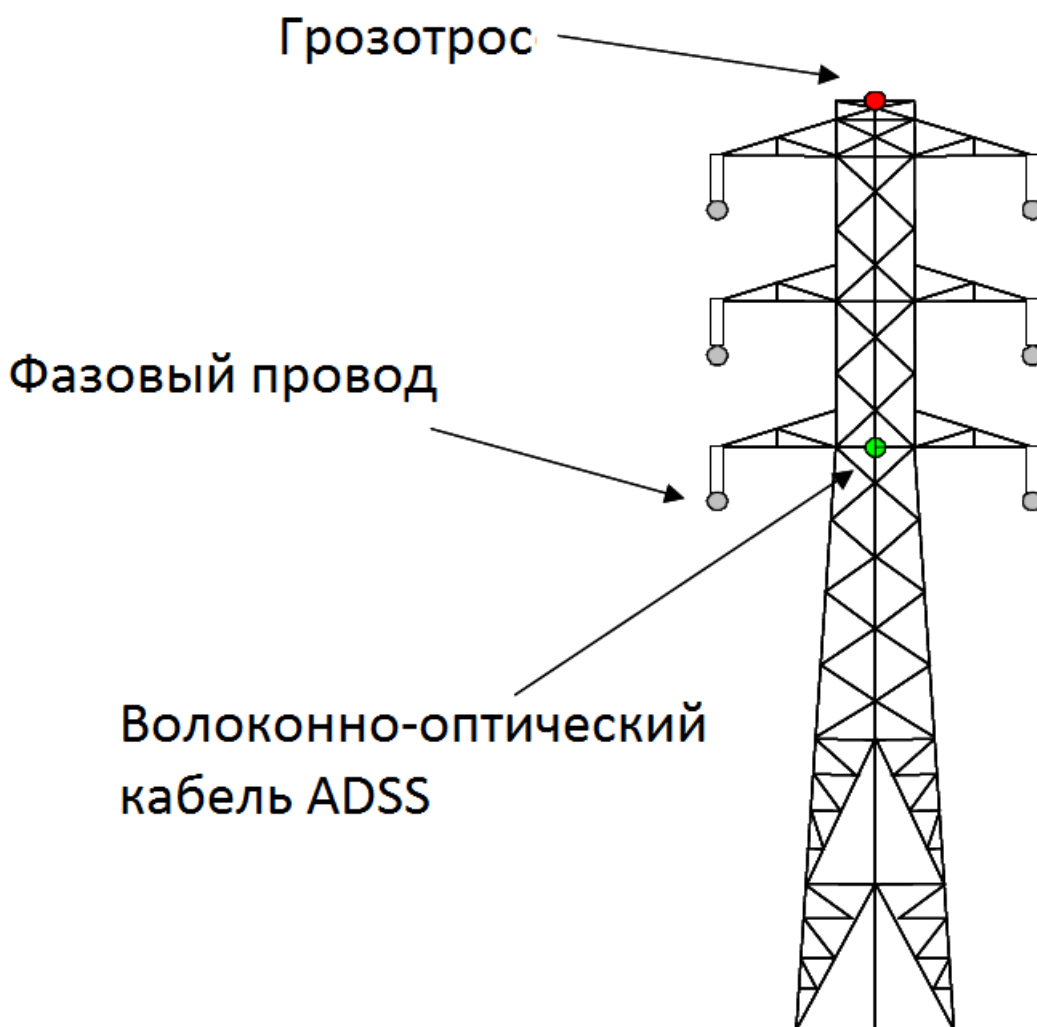


Рис.1

На рис. 2,3 показано положение ОК по отношению к фазным проводам в пролете между двумя опорами. Как видно на всей дистанции пролета оно не является симметричным. Дело в том, что самонесущий кабель имеет в своем конструктивном составе арамидные нити. Вследствие меньшего веса в сравнении с проводами ЛЭП ОК ADSS значительно меньше провисает между опорами. В результате положение кабеля ADSS относительно проводов в середине пролета выше, чем на опорах.

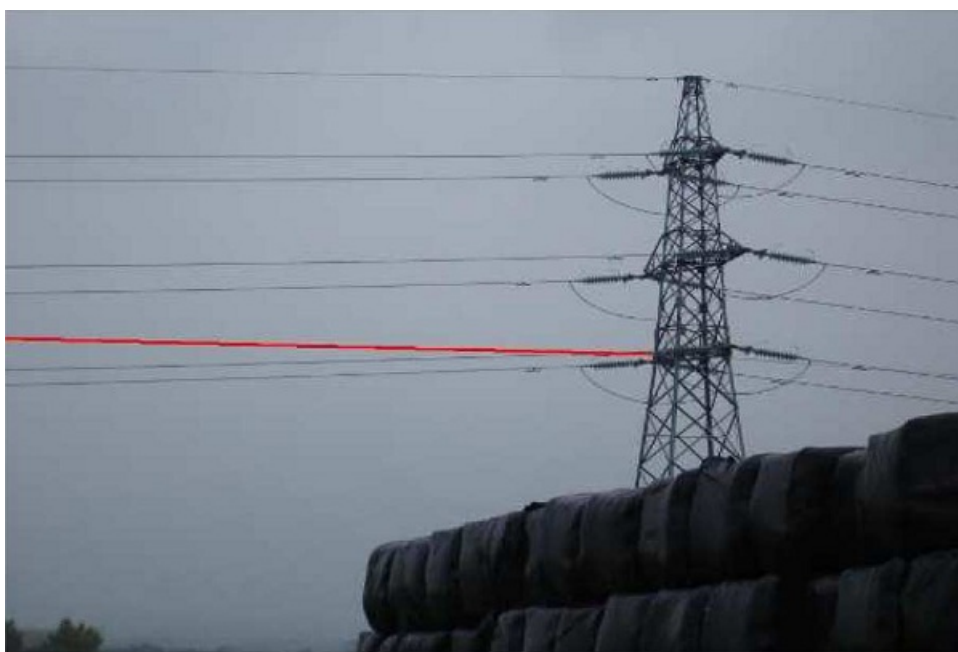
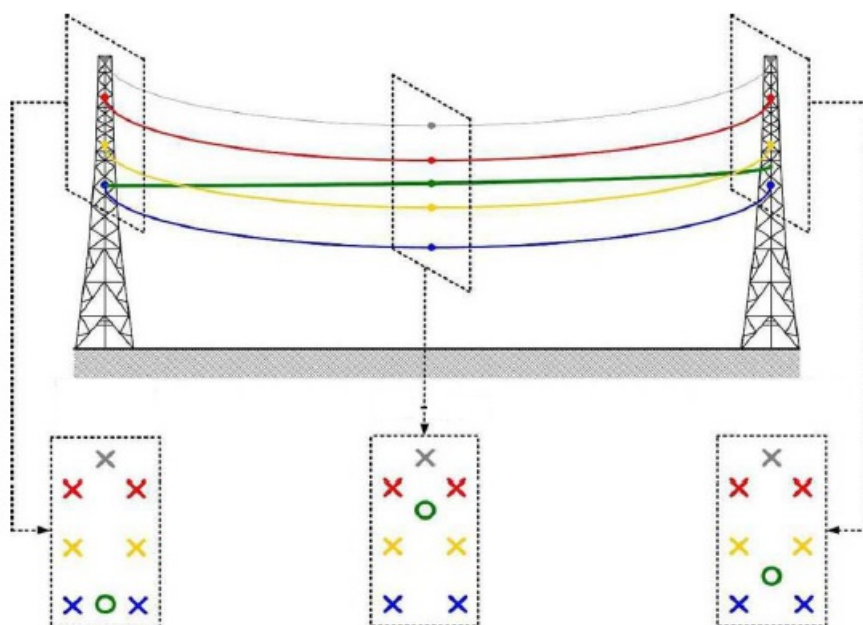


Рис. 2 ОК выделен красной линией. Как видно, имеется значительная разница в степени провеса оптического кабеля ADSS и силовых проводов

Кроме того, коэффициент расширения у фазного провода больше, чем у оптоволоконного кабеля ADSS. Если ОК установлен под фазным проводом, расстояние между ним и проводом уменьшается при повышении температуры. Это означает, что при одинаковой степени загрязнения поверхности кабеля опасность образования сухополосных разрядов летом выше, чем зимой.



Положение оптического кабеля относительно проводов ЛЭП

Рис. 3 Схема расположения ОК (зеленый кружок) относительно фазных проводов

На рис. 4 показано распределение электромагнитного поля в пространстве. Поскольку высота подвеса кабеля относительно фазных проводов на пролете меняется, в разных точках пролета воздействие высоковольтной линии на ADSS кабель будет разным. Величина распределения напряжения по его длине будет неоднородной (рис. 5). Как видно, наведенное напряжение выше в центре пролета, по мере приближения к опорам оно уменьшается. Потенциал на кабеле равен нулю в точках его крепления к опоре.

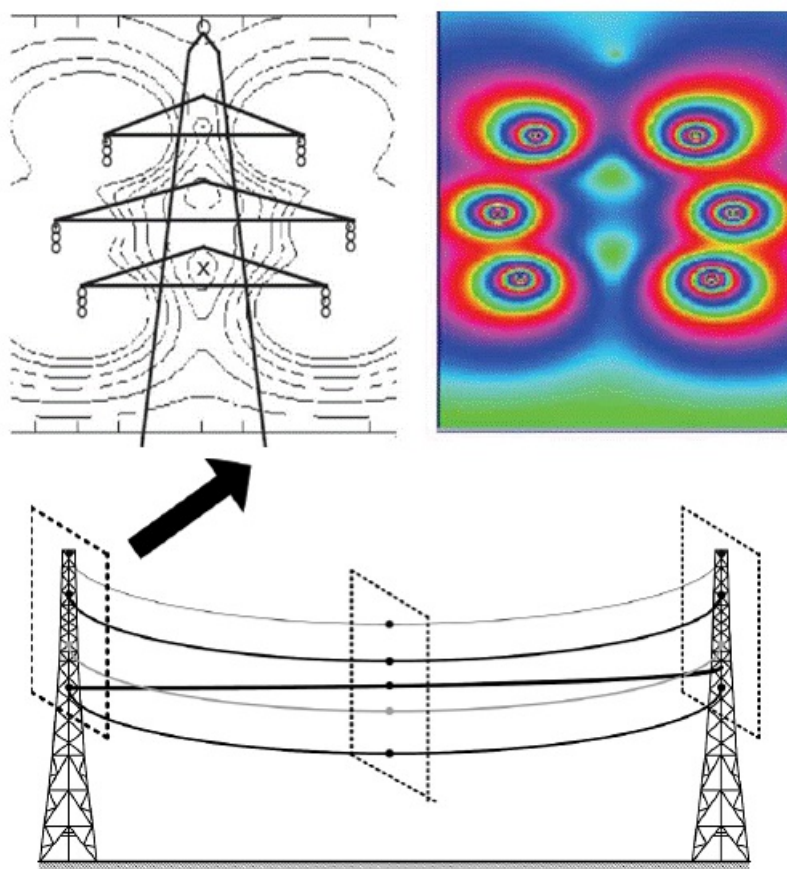


Рис. 4

Рис. 4

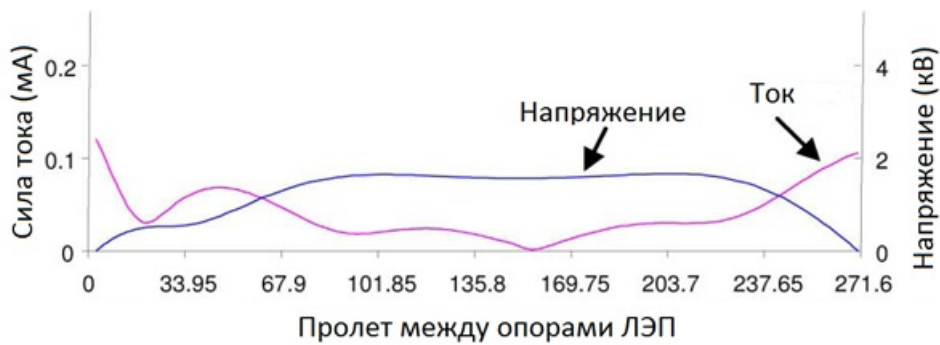


Рис. 5 Величина наведенного напряжения и тока на оболочке кабеля

Оценить степень старения ОК можно, в том числе по его оболочке. Состояние поверхности оболочки обычно определяется визуальным осмотром и через измерение величины контактного угла. Визуальный осмотр оболочки показал, что хоть поверхность кабеля утратила свою гляцевость, никаких признаков образования треков, вспучивания или точечной коррозии засвидетельствовано не было. Таким образом, можно сделать следующий вывод: старение внешней оболочки данного ОК в течение 15 лет было обусловлено, в первую очередь, климатическими воздействиями (ультрафиолетовое излучение, ветер, дождь, и т.д.), а не электротермическим разрушением. На участках кабеля, которые располагались вблизи опор, можно было наблюдать капли краски, которой красили опоры во время обслуживания ЛЭП. Фотографии показаны на рис. 6.

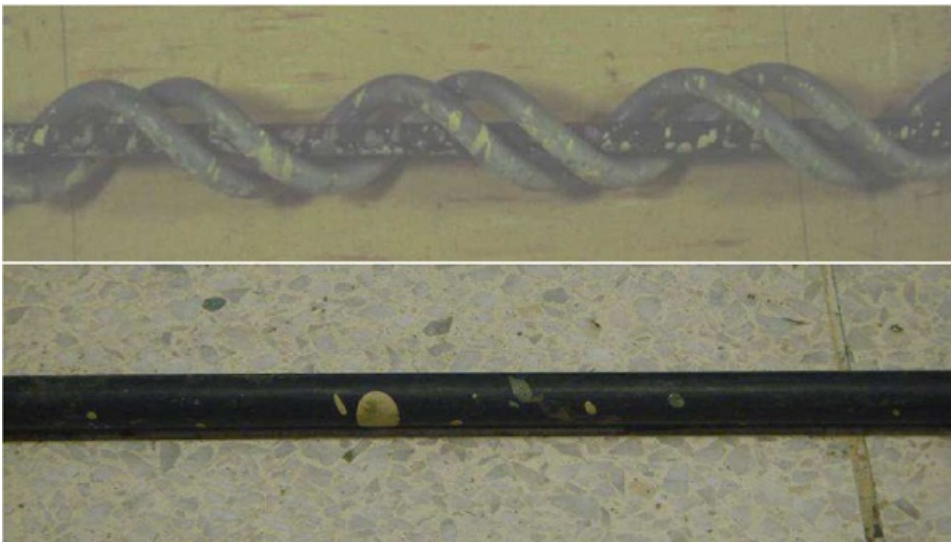


Рис. 6

На верхней фотографии мы видим кабель с гасителем вибрации спирального типа (демпфер). Нижняя фотография показывает участок кабеля, который располагался в нескольких метрах от опоры.

В данном эксперименте также был проанализирован отрезок ADSS кабеля, который подвергался воздействию солнечного света, но не был подвержен воздействию электрического поля. Данный кабель был искусственно состарен в лабораторной камере с имитацией солевого тумана и электрического поля. Условия содержания были достаточны для образования видимых сухополосных разрядов.

Помимо этого, были взяты для исследования участки кабеля, которые были защищены от воздействия окружающей среды термоусаживаемыми трубками (ТУТ) в местах ввода кабеля в муфту ТУ.

Как видно из рис. 6, визуально оболочка кабеля выглядит хорошо. Однако реальную степень старения кабеля может дать оценка гидрофобности полимерной оболочки. Для справки: гидрофильность и гидрофобность – понятия, характеризующие сродство веществ к воде. Если говорить по-научному, то гидрофобность – это свойство веществ, состоящих из неполярных молекул, формировать межмолекулярные агрегаты в водной среде, и, аналогичные этому эффекту, внутримолекулярные и межмолекулярные взаимодействия. Если простыми словами: гидрофобность – это свойство материала отталкивать воду. То насколько поверхность гидрофильна или гидрофобна

можно оценить по растеканию капли воды на гладкой поверхности. На гидрофильной поверхности капля растекается почти полностью (рис. 7а), а на гидрофобной – частично (рис. 7б).

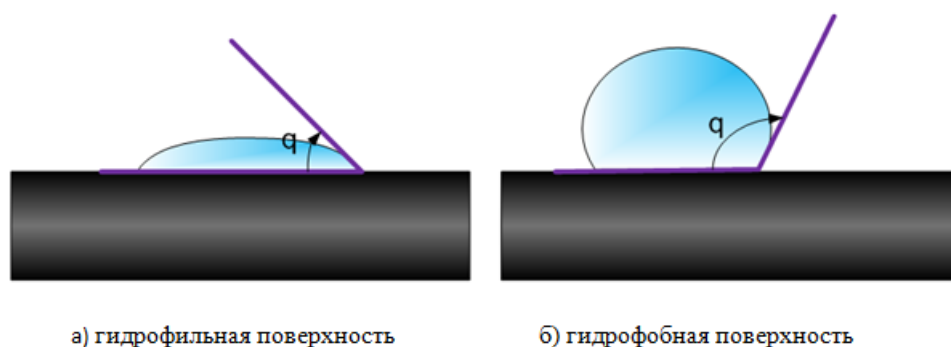


Рис.7

Мерой гидрофобности обычно служит контактный (краевой) угол q между смачиваемой поверхностью и поверхностью жидкости. Чем больше величина угла, тем выше степень гидрофобности.

Алгоритм измерения краевых углов на анализируемом оптическом кабеле включал три этапа. Первый – формирование капель на поверхности кабеля. Второй – фотографирование капель с целью регистрации их формы. Наконец, третий шаг – с помощью специального программного обеспечения (например, Vistametric) вычисление значений контактного угла.

Результаты измерений значений контактного угла в 212 точках эксплуатируемого кабеля вдоль всего пролета приведены на рис. 8.

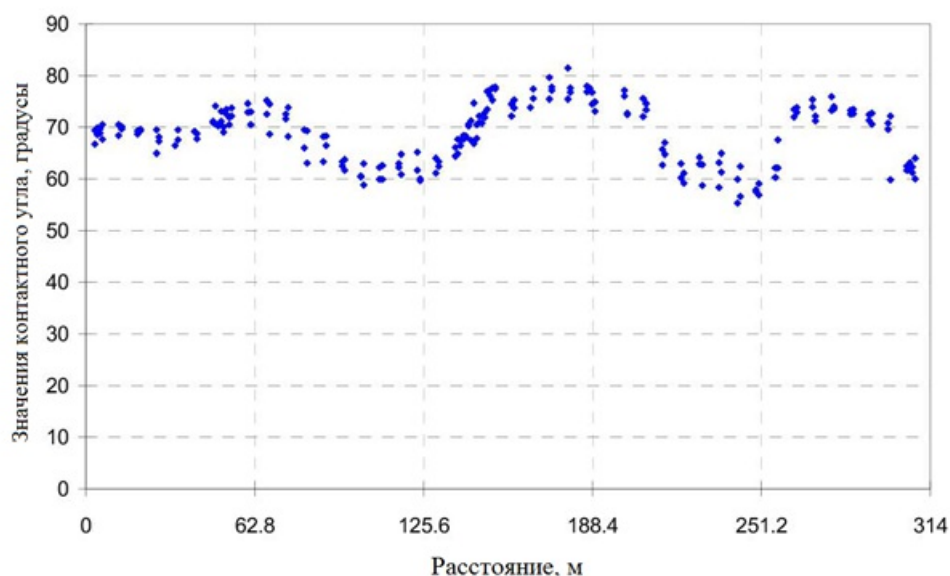


Рис.8

Измерения контактного угла проводились на верхней части поверхности кабеля. Измерение контактного угла в одной точке кабеля было выполнено два раза, таким образом, данные 212 точек можно сократить до 106, взяв среднее значение от двух точек. Полученные значения приведены на рис. 9, на котором также отмечены измеренные значения контактного угла для 15 летнего кабеля, не подвергавшегося высоковольтным наводкам (значение угла 84 градуса) и значения контактного угла кабеля, состаренного в камере воздействием солевого тумана (значение угла 48 градусов). Для кабельной оболочки, которая была защищена ТУТ в месте ввода в муфту, значение контактного угла составило 98°.

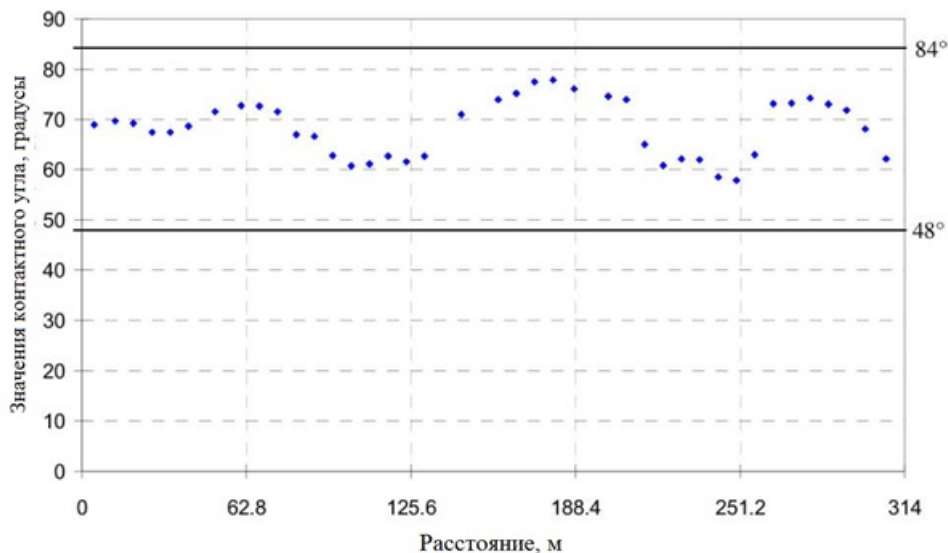


Рис.9

Величина токов на оболочке кабеля зависит от сопротивления на единицу длины кабеля. Значение контактного угла 98 градусов для кабельной оболочки, защищенной TUT, говорит об ее очень хорошем состоянии. Воздействие УФ излучение уменьшило данное значение до 84°. Полученные значения углов от 55° до 81° для снятых с ЛЭП образцов говорят о значительном ухудшении состояния оболочки. Однако это состояние еще не является критичным и в принципе кабель можно было эксплуатировать дальше. Наконец, для образца кабеля, который подвергался серьезным испытаниям в лабораторной камере, измеренные значения контактного угла составили 48°.

Таким образом, несмотря на то, что кабельная оболочка внешне в хорошем состоянии – ее свойство гидрофобности значительно ухудшилось. Если сравнить кабель, который подвергался только ультрафиолетовой радиации, и кабель, который подвергался еще и воздействию внешних полей, то можно сделать вывод, что долгосрочное протекание даже небольшого тока по поверхности оболочки убыстряет процесс старения кабеля. Также следует помнить, что величина наведенного тока по всей длине кабеля неоднородна, поэтому старение оболочки ОК происходит неравномерно.

Тот факт, что данный ОК не подвергся в значительной степени электрометрической деградации, объясняется тем, что степень загрязненности оболочки кабеля была незначительной, соответственно, образованию сухополосных разрядов ничего не способствовало.

Предыдущие статьи на эту тему:

1. [Исследование вопросов старения оптического волокна](#)
2. [Старение оптического волокна и деградация ВОЛС, часть 2](#)
3. [Десять возможных причин повреждения оптического кабеля](#)
4. [О деградации самонесущих кабелей ADSS](#)