

УДК 621.315.61 + 06

ПРОЦЕСС КОРОНИРОВАНИЯ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ СНИЖЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

И.А. СЕМКО

(Донской государственный технический университет),

В.А. ОСИПОВ, Г.Е. СОЛОВЬЕВ

(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Приведены результаты исследования причин электротермической деградации волоконно-оптического кабеля, вызванной воздействием внешних электромагнитных полей.

Ключевые слова: электромагнитное поле, волоконно-оптический кабель, коронирование, частичные дуги.

Введение. Оперативное телекоммуникационное информационное обеспечение в современных условиях является стратегическим и одним из доминирующих научно-технических факторов. Успешная реализация задачи телекоммуникационного обмена возможна только при наличии надежного, помехозащищенного канала передачи информации. На сегодняшний день в таком качестве все более широкое распространение получили каналы связи, созданные на основе волоконно-оптических линий (ВОЛС). В настоящее время волоконно-оптические магистрали, проложенные вдоль всех основных железнодорожных путей, имеют протяженность более 50000 километров. Фактически ВОЛС охватывает всю густонаселенную территорию России, соединяя западные и восточные границы. Высокая надежность сети обеспечивается резервированием волоконно-оптических линий связи по географически разнесенным маршрутам и налаженной системой эксплуатации линейно-кабельных сооружений.

Линии ВОЛС, эксплуатируемые ОАО «РЖД», были введены в работу в 1999 году, и уже с весны 2002 года на сети железных дорог России начали наблюдаться случаи повреждения волоконно-оптического кабеля (ВОК), вызванные электротермической деградацией кабеля. К настоящему моменту случаев обрыва ВОК насчитывается уже несколько десятков и они продолжают повторяться. Время между подвеской ВОК и возникновением повреждения составляет от 1,5 года и до 3,5 лет. Это время, по-видимому, определяется ограниченным промежутком времени работы ВОК, а так как наблюдаются случаи появления вздутий и начала выгорания оболочки ВОК в зоне зажима поддерживающего (ЗП), следует признать, что этот негативный процесс продолжает развиваться.

Постановка задачи. Цель проведенных исследований – выявление причин электротермической деградации волоконно-оптического кабеля. Проведенные исследования работы ВОК при воздействии электромагнитных полей высокой напряженности показали, что значительная роль в деграционных процессах принадлежит скользящим разрядам, электролитической диссоциации и атмосферным факторам. Также не меньшую деструктивную роль в этих процессах играют такие факторы, как процессы коронирования в переходе «ВОК-ЗП», частичные разряды и механические аperiodические колебания ВОК (при значительной стреле провеса), особенно в осенне-зимний период при воздействии ветра.

Простое визуальное исследование поверхности ВОК и исследование с помощью специальных оптических и электронных устройств показало: чем дольше работает ВОК, тем более деградированной становится его поверхность, и особенно явно это наблюдается у перехода «ВОК-ЗП».

Экспериментальные исследования. Характер деградации поверхностной структуры как ВОК, так и металлического корпуса и резиновой вставки зажима поддерживающего, зависят от ряда факторов. К таким факторам следует отнести форму и напряженность электрического поля, воздействие различных атмосферных факторов, конструктивные особенности металлического корпуса ЗП, структуру и форму резиновой вставки, значение переходных сопротивлений «ВОК –

резиновая вставка», «резиновая вставка – металлический корпус ЗП», механическое воздействие на ВОК, особенно у перехода «ВОК-ЗП» и др. Каждый из перечисленных факторов вносит свои деструктивные воздействия на конструкцию ВОК, значительно сокращая его срок службы. Однако определяющая роль в разрушении ВОК принадлежит коронным разрядам.

Коронный разряд – это лавинно-стримерная форма устойчивого электрофизического процесса в неоднородном электрическом поле. Объемный заряд короны, как правило, значительно искажает первоначальную форму поля и поддерживает напряженность поля в коронирующей промежутке.

Значение напряжения, соответствующее началу процесса коронирования, определяется по следующей формуле:

$$U_{н.к} \approx K \left(\frac{\delta}{\varepsilon} \right)^n, \text{ кВ}, \quad (1)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды; δ – величина диэлектрического промежутка, мм; $n = 0.45$; $U_{н.к}$ – напряжение, соответствующее началу коронирования.

Это свидетельствует о достаточно активном деградационном влиянии целого ряда деструктивных как электрофизических и механических, так и атмосферных факторов.

Линия ВОК в промежутке между опорами контактной сети представляет собой систему с распределенными параметрами [1], а в комплексе с существующими заземленными ЗП у нее появляются свои негативные свойства, при которых формирующиеся скользящие заряды стекают и накапливаются у ЗП с высокоомной резиновой демпфирующей вставкой. При этом ток, протекающий по ВОК в разных сечениях пролета между опорами, будет различным, в сечениях вблизи заземленных опор величина тока будет значительно больше, чем в середине пролета.

Очевидно, что по мере приближения к заземленному объекту, например ЗП, падение напряжения нарастает и достигает экстремального значения у кромки ЗП. Сформировавшееся высокое значение напряженности поля, как показывают лабораторные экспериментальные исследования и испытания, проведенные в реальных условиях на действующих линиях ВОК, приводит к ионизационным процессам в промежутке «ВОК-ЗП». Степень активности этих ионизационных процессов зависит от целого ряда факторов, сочетание которых приводит к формированию как коронных разрядов в узле «ВОК-ЗП», так и частичных разрядов (рис.1).

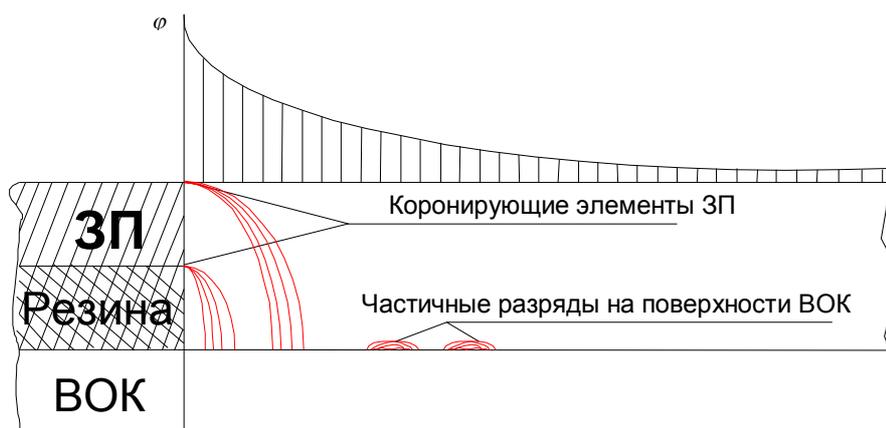


Рис.1. Схема формирования коронных и частичных разрядов на ВОК

Особую опасность для ВОК представляет длительный активный процесс коронирования у перехода «ВОК-ЗП», так как этот процесс, как правило, сопровождается образованием аллотропной формы кислорода [2] (O_3 – озона) и различных окислов азота и особенно NO_2 , N_2O_5 , которые

являются очень агрессивными окислителями, разрушающими как металлические, так и диэлектрические конструкции (рис.2).

Интенсивность коронирования зависит от ряда факторов, таких как напряженность электрического поля, наличие резко выступающих частей у ЗП с маленьким радиусом закругления, сопротивление перехода «ВОК-ЗП», характера погодных условий, степени загрязнения поверхности ВОК и др. Кроме этого в зависимости от характера и степени загрязнения и увлажнения поверхности ВОК при неравномерном высыхании отдельных участков на поверхности ВОК и особенно часто вблизи ЗП формируются частичные разряды.



Рис.2. Разрушение полиэтиленовой оболочки кабеля

В лаборатории техники высоких напряжений Ростовского государственного университета путей сообщения были смоделированы соответствующие электрофизические условия, при которых наблюдались процессы формирования коронных разрядов в переходе «ВОК-ЗП» и частичных разрядов в зоне примыкания к ЗП (что чаще всего наблюдается в реальных условиях). При этом начальное напряжение, при котором возможно (при определенных условиях) формирование частичных разрядов – микростримерных процессов, определяется по известной эмпирической формуле Тейлора [3]:

$$U_{н.с.} = \frac{1,36}{C^{0,44}} \cdot 10^{-4}, \text{ кВ}, \quad (2)$$

где C – емкость единицы диэлектрической поверхности в месте формирования частичных разрядов, Ф/см^2 .

Визуальное наблюдение развития и протекания коронного разряда (на примере стандартного ЗП) у перехода «ВОК-ЗП» позволяет охарактеризовать следующие его фазы: при начальном напряжении ($U_H \approx 15$ кВ) на отдельных участках острой кромки ЗП возникает вначале точечное микросвечение, и слышен характерный при коронировании шелест. При дальнейшем повышении напряжения появляются тонкие светящиеся, нитевидные плотно расположенные ионизированные микростримерные каналы. По мере повышения напряжения из коронирующего слоя начинают периодически прорываться неустойчивые искры, длина которых достаточно быстро увеличивается с ростом напряжения и последующим появлением микродуг.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что характер электрофизического процесса является результатом формирования на токопроводящей поверхности ВОК отдельных токопроводящих каналов с незначительным сопротивлением и соответственно с большой плотностью тока. При этом сформировавшиеся стримеры, ионизируя промежуток ВОК-ЗП, еще больше увеличивают его токопроводность, что приводит к формированию микродуг и, как следствие, к термическому разрушению ВОК, а в некоторых случаях и к возгоранию полиэтилена. Фазы развития и характер

протекания разрядов у перехода ВОК-ЗП для различных типов поддерживающих зажимов зависят от наличия в конструкции выступающих участков ЗП, способствующих возникновению процесса коронирования.

Библиографический список

1. Нейман Л.Р. Теоретические основы электротехники. Т.2. / Л.Р. Нейман, К.С. Демирчян. – Л.: Энергия, 1967.
2. Богородицкий Н.П. Электротехнические материалы / Н.П. Богородицкий, В.В. Пасынков, Б.М. Тареев. – Л.: Энергия, 1977.
3. Базуткин В.В. Техника высоких напряжений / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пин- таль. – М.: Энергоиздат, 1986.

Материал поступил в редакцию 10.11.10.

References

1. Neiman L.R. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. T.2. / L.R. Neiman, K.S. Demirchyan. – L.: Energiya, 1967. – In Russian.
2. Bogorodickii N.P. Elektrotehnicheskie materialy / N.P. Bogorodickii, V.V. Pasyнков, B.M. Tareev. – L.: Energiya, 1977. – In Russian.
3. Bazutkin V.V. Tehnika vysokih napryajenii / V.V. Bazutkin, V.P. Larionov, Yu.S. Pintal'. – M.: Energoizdat, 1986. – In Russian.

I.A. SEMKO, V.A. OSIPOV, G.E. SOLOVYEV

CORONA DISCHARGE AS ONE OF THE FACTORS OF DECREASE OF FIBER-OPTICAL COMMUNICATION LINES LIFE

The research results of the electrothermic degradation of fiber-optical communication lines caused by the external electromagnetic fields impact are offered.

Key words: *electromagnetic field, fiber-optics communication line, corona discharge, subarcs.*