

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕННОЙ АТМОСФЕРЫ

© 2010 В.М. Руцкий, С.В. Коркина, А.А. Комолов

Самарский государственный университет путей сообщения

Поступила в редакцию 25.02.2010

Статья посвящена рассмотрению вопросов эксплуатации высоковольтной изоляции вблизи крупных источников загрязнений в условиях увлажнения.

Ключевые слова: *высоковольтная изоляция, степень загрязнения, увлажнение, токи утечки*

Тарельчатые изоляторы, широко применяемые в электроэнергетике и на электрифицированных железных дорогах, обеспечивают изоляцию проводов линий ЛЭП и проводов контактной сети железных дорог от несущих конструкций, к которым производится их крепление. Эксплуатация изоляторов протекает при следующих условиях:

- непрерывном воздействии напряжения номинальной величины с учетом возможных допустимых перенапряжений в линии;
- непрерывном загрязнении частицами, взвешенными в воздухе в результате природного и промышленного загрязнения атмосферы;
- воздействии атмосферных осадков и прочих атмосферных условий.

Негативное воздействие этих факторов на поверхность изоляционной детали приводит к снижению ее электрической прочности, тем самым повышая вероятность перекрытия изоляции. Поэтому различные их сочетания факторов условия эксплуатации изоляции от оптимальных (воздействие номинального напряжения в районе с минимальным загрязнением атмосферы) до самых неблагоприятных (допустимые перенапряжения при увлажнении загрязненной изоляции).

Для оценки влияний атмосферных условий на эксплуатационные характеристики авторами была разработана математическая модель разрядных процессов на поверхности увлажненной изоляции [1], которая позволяет учитывать и моделировать процессы, происходящие на поверхности загрязненной и увлажненной изоляции.

Руцкий Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Муниципальный пассажирский транспорт». E-mail: ruckiyvt@mail.ru

Коркина Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Муниципальный пассажирский транспорт»

Комолов Александр Александрович, аспирант. E-mail: kom-sas@ya.ru

Для проведения модельного эксперимента с помощью разработанной математической модели разрядных процессов на поверхности увлажненной изоляции требуется знать значение величины напряжения на одном изоляторе $U_{из}$. При равномерном распределении напряжения по гирлянде напряжение на одном изоляторе будет определяться следующим выражением:

$$U_{из} = \frac{U_{\phi} \cdot 1,15}{n'}; \quad (1)$$

где U_{ϕ} – напряжение провода относительно земли (фазное), кВ; n' – количество изоляторов в гирлянде, шт.

Требуемое по условиям электрической прочности число изоляторов n определяется исходя из выражения:

$$n = \frac{\lambda_3 \cdot U \cdot k_p}{L_{из}}; \quad (2)$$

где λ_3 – удельная эффективная длина пути утечки, см/кВ; U – номинальное напряжение линии, кВ; k_p – коэффициент, учитывающий повышение линейного напряжения до наибольшего рабочего.

Полученное значение n округлим до большего целого и обозначим через n' . Это и будет фактическое требуемое число изоляторов в гирлянде. Удельная поверхностная проводимость слоя загрязнения и удельная эффективная длина пути утечки изоляции нормируются ПУЭ в зависимости от степени загрязнения и составляют не менее значений, приведенных в таблице 1. Примем в качестве исследуемой линию напряжением 110 кВ, тогда k_p для этого класса напряжений равен 1,15. Применяя эти формулы к известным начальным условиям для различных степеней загрязнения, получим следующие условия для проведения модельного эксперимента на линии 110 кВ (табл. 1):

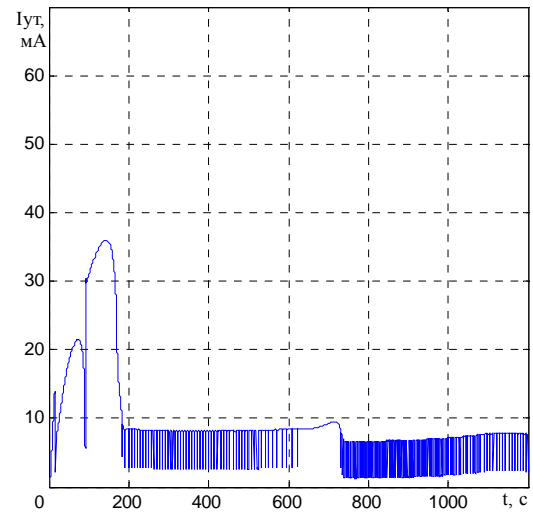
Таблица 1. Условия для проведения модельного эксперимента

Параметры	Степени загрязнения			
	1	2	3	4
удельная поверхностная проводимость слоя загрязнения χ , мкСм	5	10	20	30
удельная эффективная длина пути утечки λ_3 , см/кВ	1,6	2,0	2,5	3,1
количество изоляторов в гирлянде n' , шт.	7	9	11	14
напряжение на один изолятор $U_{из}$, кВ	10,4	8,1	6,6	5,2

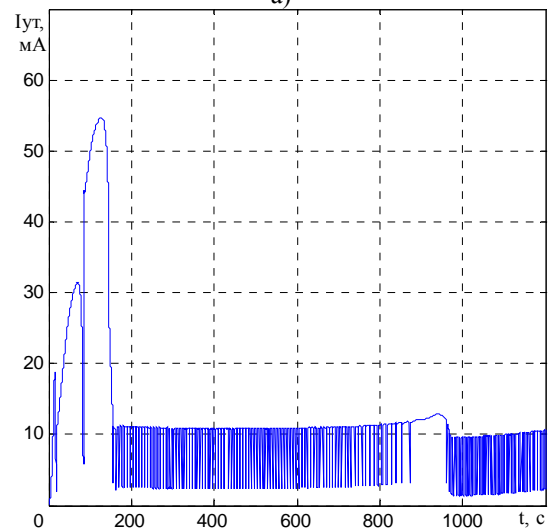
Наиболее неблагоприятными условиями эксплуатации изоляции являются туманы, сопровождаемые ветрами разной интенсивности. При этом работает механизм инерционного осаждения осадков на поверхность изоляционной детали, то есть перенос капель влаги под действием силы ветра. Вследствие малой массы капель и скорости ветра кинетическая энергия капель не достигает величины, которая привела бы к разрушению слоя загрязнения и поэтому его вымывания почти не происходит. Однако это не мешает процессу увлажнения, который насыщает слой загрязнения и приводит к снижению электрической прочности изоляции. В связи с этим для моделирования процесса увлажнения выбраны адвективные туманы как наиболее опасные с точки зрения перекрытия изоляции. Как показано в [1], наибольший поток увлажнения поверхности изолятора адвективными туманами наблюдается при скорости ветра 5 м/с. При этом математическое ожидание интенсивности увлажнения составляет $Q=0,008$ мг/см²с.

В результате моделирования разрядных процессов на увлажненной изоляции при наиболее вероятной интенсивности увлажнения адвективными туманами $Q=0,008$ мг/см²с (характерной при скорости ветра 5 м/с) и при условиях, приведенных в таблице 1, получены результаты, представленные на рисунке 1.

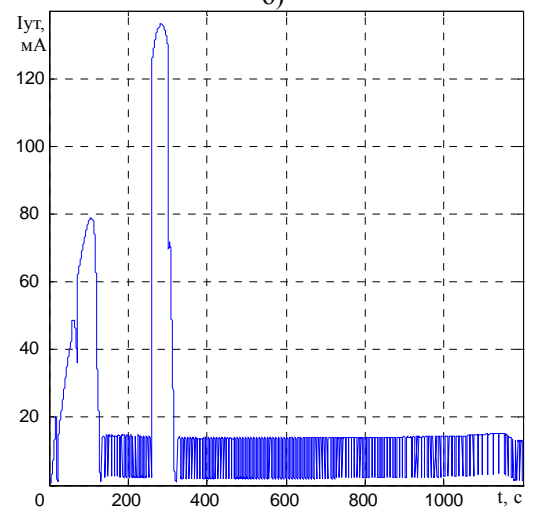
Как видно из полученных графиков, ток утечки сначала резко возрастает и достигает максимальных амплитуд в период первых двухсот секунд увлажнения (за исключением третьей степени загрязнения) и в дальнейшем носит периодический характер. Это подтверждается теорией работы загрязненной и увлажненной изоляции, согласно которой на поверхности изолятора вследствие протекания токов утечки и неравномерности слоя загрязнения возникают подсушенные пятна, перерастающие в кольцевые зоны. В результате путь утечки по влажному слою прерывается и загорается частичная дуга, которая, в зависимости от условий, может или погаснуть или перекрыть весь изолятор. Такой режим получил название режима перемежающихся дужек, он характеризуется периодическим изменением тока утечки от нуля до некоторой постоянной величины, что и наблюдается на всех вышеприведенных графиках.



а)



б)



в)

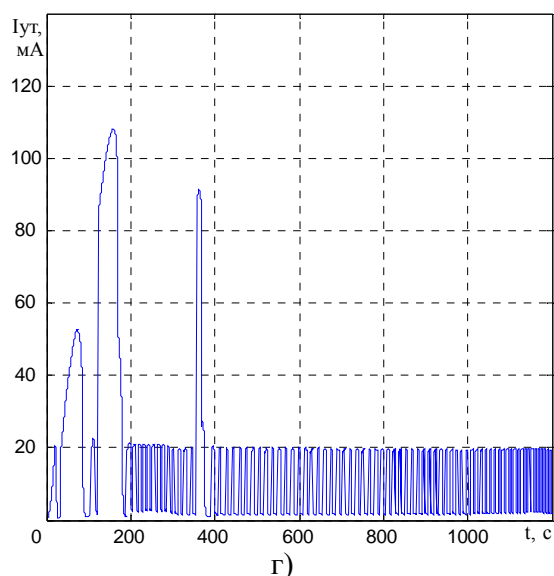


Рис. 1. Графики тока утечки по поверхности увлажненного и загрязненного изолятора, полученные с помощью математической модели разрядных процессов на поверхности увлажненной изоляции, для: а) первой степени загрязнения; б) второй степени загрязнения; в) третьей степени загрязнения; г) четвертой степеней загрязнения

Следует отметить, что импульсы тока утечки в условиях третьей и четвертой степени загрязнения составляют свыше 100 мА. Такие токи вызывают изменение электромагнитного поля вокруг линии электропередач и мощный электромагнитный импульс, который неизбежно влияет на распространяемые полезные электромагнитные волны. Для подробного изучения его влияния требуется проведение отдельного эксперимента в условиях, максимально приближенных

к реальным, то есть с учетом характера и степени загрязнения и режима увлажнения.

Таким образом, влияние различных воздействий окружающей среды (загрязнения, увлажнения) может привести к тому, что высоковольтная изоляция будет работать в тяжелых условиях с появлением на поверхности частичных дуг. Такой режим функционирования (режим перемеживающихся дужек) приводит к возникновению повышенного акустического шума, увеличению электрокоррозии стержней подвесных изоляторов (что является отдельным важным вопросом в плане надежности) и появлению электромагнитных возмущений, описанных выше.

Вывод: влияние окружающей среды на высоковольтную внешнюю изоляцию в процессе ее эксплуатации приводит к появлению ответных реакций со стороны изоляции, тем самым подтверждается их взаимовлияние друг на друга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Руцкий, В.М. Математическое моделирование электрических характеристик изоляции наружных электроустановок систем электроснабжения железных дорог. – Самара: СамГАПС, 2004. – 172 с.
2. Правила устройства электроустановок: Раздел 1. Общие правила. Гл. 1.1, 1.2, 1.7, 1.9: Раздел 7. Электрооборудование специальных электроустановок. Гл. 7.5, 7.6, 7.10: 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 184 с.
3. Александров, Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат; Ленингр. отд-ние, 1989. – 360 с.

OPERATING PROBLEMS OF HIGH-VOLTAGE INSULATION IN CONDITIONS OF LOW-PURITY AEROSPHERE

© 2010 V.M. Rutsky, S.V. Korkina, A.A. Komolov

Samara State Transport University

Paper is devoted to consideration the operating questions of high-voltage insulation near the large sources of pollution in conditions of moistening.

Key words: *high-voltage insulation, extent of pollution, moistening, outflow currents*

Vladimir Rutskiy, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Municipal Passenger Transport. E-mail: ruckiyvm@mail.ru

Svetlana Korkina, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor at the Deptment of Municipal Passenger Transport
Alexander Komolov, Graduate Student. E-mail: komsas@ya.ru