

**П. Е. ПОНОМАРЕВ**, канд. техн. наук, НИИВН, Славянск;  
**А. П. ПОНОМАРЕВА**, студентка НТУ «ХПИ»

### ВЛИЯНИЕ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ИЗОЛЯТОРОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ИХ ПОВЕРХНОСТИ

Гидрофобные покрытия как одно из средств защиты наружной изоляции от перекрытий при загрязнении стали применять еще в довоенное время, однако всестороннее исследование их свойств и широкое внедрение в практику начато только в шестидесятые годы. Наибольшее распространение эти покрытия находят на загрязняемых подстанциях, значительно реже они применяются на участках ВЛ, хотя и здесь намечается тенденция к расширению их использования.

**Ключевые слова:** гидрофобизация поверхности, фарфоровые изоляторы, гирлянда изоляторов, распределение напряжения.

В качестве гидрофобного покрытия используются различные кремнийорганические, эпоксифенольные и фторопластиковые лаки. Основными функциями таких покрытий являются водоотталкивающие свойства покрытой поверхности и увеличение влагоразрядного напряжения в условиях увлажнения. Гидрофобизация поверхности является эффективной мерой для предотвращения перекрытий изоляторов при рабочем напряжении [1, 2].

Три основные группы гидрофобных покрытий: 1) пластичные вязкие пасты типа вазелинов; 2) жидкие покрытия; 3) покрытия в виде твердых плёнок.

В настоящее время на энергопредприятиях Украины преимущественно используются пластические покрытия на основе кремнийорганических вазелинов (пасты КВ-3, КПД и т.д.). Однако их применение имеет ряд недостатков:

- основной способ нанесения этих покрытий - ручной, что требует больших трудозатрат и отключения оборудования на длительное время при снятии отработанного слоя и нанесении нового;

- оседающие твердые частицы погружаются в пасту и через определенное время насыщают ее;

- атмосферные и химические воздействия в сочетании с загрязнением вызывают окислительные реакции, в результате чего происходит затвердение покрытия и потеря гидрофобных свойств.

© П. Е. Пономарев, А.П. Пономарева, 2014

Однако наиболее перспективным направлением является использование твердых гидрофобных покрытий. Покрытия в виде твердых плёнок относятся к долговечным покрытиям и могут эксплуатироваться длительный период времени.

Наибольшее распространение гидрофобные покрытия получили для фарфоровых изоляторов оборудования электрических подстанций (например, высоковольтные вводы, трансформаторы напряжения и пр.), но также они применяются для линейных подвесных изоляторов. Ниже приведена таблица внедрения гидрофобных покрытий в Украине.

Таблица – Сведения о гидрофобизированных объектах

№ п/п	Объект гидрофобизации	Дата гидрофобизации
<b>1994 г.</b>		
1	п/ст 35/10 кВ «Хрестище», «Райалександровка» (Донбассэнерго)	апрель
2	п/ст 35/10 кВ «Седово» (Донбассэнерго)	апрель
3	п/ст 35/10 кВ «Бородинская» (Запорожьеоблэнерго)	апрель
4	ВЛ 110 кВ СлавГЭС - Славянск (Донбассэнерго) - изоляторы ПСС120, ПС 120	июль
5	Славянская дистанция Донецкой ж.д. - изоляторы ПФС 70А	сентябрь
6	ВЛ 110 кВ Заря - Ильича (Донбассэнерго) - изоляторы ПСС120, ПС 120	октябрь
<b>2010 г.</b>		
7	ОРУ-330 кВ Кураховская ТЭС: разъединители, линейная изоляция	май-ноябрь
8	ОРУ-330 кВ Зуевская ТЭС: высоковольтные вводы, разъединители, конденсаторы связи	октябрь-ноябрь
9	ОРУ-330 кВ Славянская ТЭС г. Николаевка	ноябрь
<b>2011 г.</b>		
10	ОРУ-330 кВ Кураховская ТЭС: разъединители, линейная изоляция	май-ноябрь
11	ОРУ-330 кВ Зуевская ТЭС: высоковольтные вводы, разъединители, конденсаторы связи	август
<b>2012 г.</b>		
12	п/ст 110 кВ ООО «Электросталь»: высоковольтные вводы силовых трансформаторов и элегазовых выключателей, опорно-стержневая изоляция разъединителей, шинных мостов, вентиляльных выпрямителей	июль - август

Продолжение таблицы

13	п/ст 35 кВ «Трудовская» (г. Донецк) проходные изоляторы и вводы 35 и 6 кВ; усиление герметизации	октябрь
<b>2013 г.</b>		
14	п/ст 35 кВ «Медведево», «Вольная» Евпаторийских высоковольтных РЭС: высоковольтные вводы вакуумных выключателей	январь
15	п/ст 110/35/10 кВ «Дашуковка» Уманьских ЭС ПАО «Черкасыоблэнерго»: высоковольтные вводы силовых трансформаторов и масляных выключателей	июнь
16	ОРУ-150 кВ ПАО «Запорожжкокс»: линейная изоляция (ЛК 70/220-7)	июль
17	РП-27 п/ст «ОФ-2» Полтавского ГОК: опорные и проходные изоляторы шинных мостов, поверхность шин	август
18	Иловайская дистанция электроснабжения ГП «Донецкая железная дорога»: изоляция ячеек пунктов группировки	сентябрь-октябрь
19	Старобешевская ТЭС ПАО «Донбассэнерго»: опорно-стержневые изоляторы разъединителей ВРП-110 кВ	ноябрь
20	п/ст 110/35/6 кВ «Здолбунів-ЦШК» ПАО «Рівнеобленерго»: высоковольтные вводы силовых трансформаторов, опорно-стержневая изоляция шинных мостов, разрядники	ноябрь

**Результаты моделирования распределения напряжения по гирлянде изоляторов.** Гидрофобное покрытие обладает следующими характеристиками:  $\rho_v = 5 \cdot 10^{13} - 5 \cdot 10^{14}$  Ом·см,  $\gamma = (2-6) \cdot 10^{-13}$  См,  $\epsilon = 1,5-3,5$ . Исходя из данных характеристик, были проведены расчеты электрического поля для одиночных линейных и опорно-стержневых изоляторов. Исходя из этих расчетов, можно сделать вывод, что гидрофобное покрытие на 1-2% уменьшает напряженность поля [3, 4].

Поэтому представляет интерес рассмотреть влияние гидрофобного покрытия на распределение напряжения в гирлянде линейных подвесных изоляторов. Технические возможности пакета прикладных программ по расчету электрических полей (например, FEMM 4.2) накладывают определенные ограничения на моделирование исследуемых объектов. Таким образом, невозможно задать слишком

большое количество узловых точек и областей материалов с различными характеристиками а также составляет сложность разбиение базовых линий на отдельные элементы.

Для расчетов в качестве модели была выбрана гирлянда из четырех изоляторов типа ПСС-70Б со строительной высотой  $H = 146$  мм. С целью упрощения модели принято допущение, что за исключением мест крепления к травеси и высоковольтного провода, области металлической арматуры и цементно-песчаной заделки объединены в одну с параметрами  $R = 10^7$  Ом·м,  $\epsilon = 100$ . Материал изоляционной детали стекло:  $R = 10^{12}$  Ом·м,  $\epsilon = 7$ . Окружающая среда воздух:  $R = 10^{16}$  Ом·м,  $\epsilon = 1$ . Полимерное покрытие, по аналогии с используемыми покрытиями на основе кремнийорганических компаундов холодного отверждения, было задано в виде тонкого ( $\Delta = 0,2$  мм) равномерного слоя по поверхности с параметрами:  $R = 10^{13}$  Ом·м,  $\epsilon = 3$ . Общий вид модели приведен на рис.1.

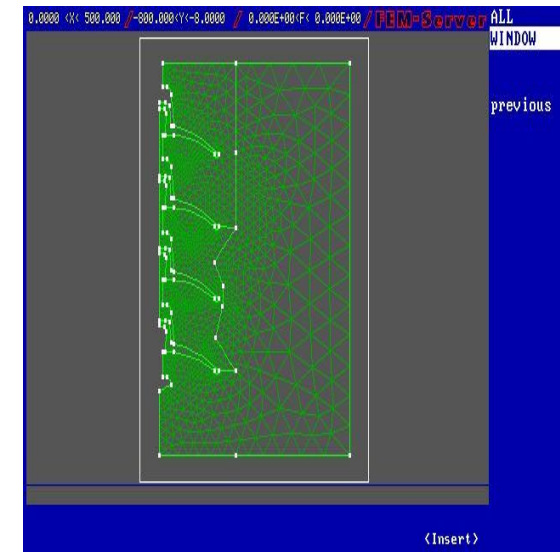


Рис.1 – Общий вид расчетной модели

Анализ полученных данных показал, что наличие покрытия не оказало заметного влияния на распределение потенциалов по гирлянде изоляторов, значения которых составили (при обходе от «высокого» потенциала к «низкому»):

- для 1-го изолятора (между узлами № 1523 и № 1052) 14,3 кВ;
- для 2-го изолятора (между узлами № 1052 и № 465) 11,7 кВ;
- для 3-го изолятора (между узлами № 465 и № 9) 11,0 кВ;
- для 4-го изолятора (между узлами № 9 и № 442) 3,0 кВ.

Фрагмент распределения потенциалов рассматриваемой модели приведен на рис.2.

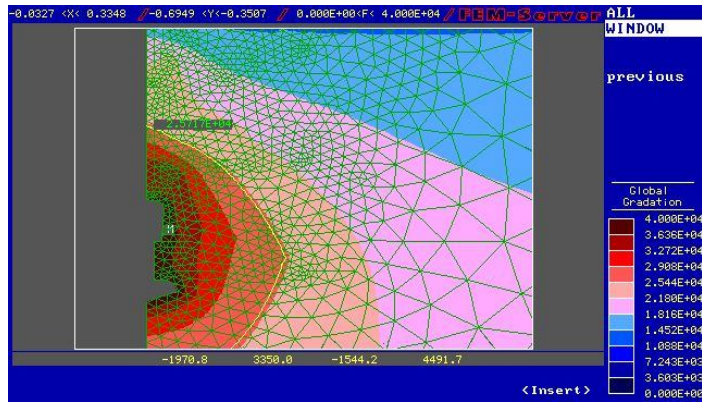


Рис.2 – Фрагмент распределения потенциалов рассматриваемой модели

График зависимости напряжения  $U$  от порядкового номера изолятора в гирлянде показан на рис.3.



Рис. 3 – Зависимость напряжения  $U$  от порядкового номера изолятора в гирлянде

**Выводы:** 1. Нанесение гидрофобного покрытия на изоляционную поверхность не оказывает существенного влияния на распределение напряжения по гирлянде линейных подвесных изоляторов.

2. Применение гидрофобизации изоляторов и вводов высоковольтных устройств в зонах повышенных атмосферных и химических загрязнений энергетических объектов Украины показало ее эффективность.

**Список литературы:** 1. Набока Б.Г. Розрахунки електростатичних полів в електроізоляційній техніці / Б. Г. Набока. – Київ: ІСДО, 1995. – 120 с. 2. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 2: Даффа-Меди / Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.) и др. - М.: Сов. энцикл., 1990. - 671 с. 3. Дмитриевский В. С. Расчет и конструирование электрической изоляции / В. С. Дмитриевский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 392 с. 4. Перенапряжения и координация изоляции. Переводы докладов Международной конференции по большим электрическим системам (СИГРЭ-86) / Под ред. С.Д. Лизунова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. - С. 61-72.

**Bibliography (transliterated):** 1. Naboka B.G. *Rozrahunki elektrostatičnih poliv v elektroizolacijnij tehnici* Київ: ISDO, 1995. 2. Himicheskaja jenciklopedija: V 5 t.: t. 2: Daffa-Medi / Redkol.: Knunjanc I. L. (gl. red.) i dr. - M.: Sov. jencikl., 1990. 3. Dmitrievskij V. S. *Raschet i konstruirovanie jelektricheskoj izoljacii*. Moscow: Energoizdat, 1981. 4. *Perenaprjazhenija i koordinacija izoljacii*. Perevody dokladov Mezhdunarodnoj konferencii po bo'shim jelektricheskim sistemam (SIGRJe-86) Pod red. S.D. Lizunova. – Moscow: Energoatomizdat, 1988. 61-72. Print

Надійшла (received) 10.03.2014