

## **МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ДИЭЛЕКТРИКА НА ИМПУЛЬСАХ**

А. А. ВОРОБЬЕВ, В. С. ДМИТРЕВСКИЙ

Исследования [1] показали, что распределение напряжения вдоль поверхности твердого диэлектрика на импульсах более неравномерно, чем на постоянном токе. Поэтому задача выравнивания распределения напряжения по поверхности твердого диэлектрика на импульсах является особенно актуальной. Методы выравнивания распределения напряжения на импульсах почти не исследованы.

### **Общие требования к устройствам для выравнивания распределения напряжения по поверхности диэлектрика**

С целью повышения напряжения появления частичных и полных разрядов по поверхности изоляции применяют различные устройства, с помощью которых создают более равномерное распределение напряжения вдоль оси изолирующей конструкции.

К устройствам для выравнивания распределения напряжения по поверхности изоляционной конструкции предъявляются следующие требования:

1. Устройство должно выравнивать распределение напряжения по поверхности диэлектрика при постоянном, переменном и импульсном токах.
2. Применение устройства, выравнивающего распределение напряжения по поверхности диэлектрика, не должно снижать разрядного напряжения при каком-либо из видов напряжения (постоянном, переменном, и импульсном).
3. Применяемое устройство должно давать возможность получать практически прямолинейное распределение напряжения вдоль длины диэлектрика.
4. Установка устройств, выравнивающих распределение напряжения, не должна приводить к увеличению электрических и геометрических габаритов изоляционных конструкций. Это требование является особенно важным для конструкций, работающих в закрытом сосуде (например, масляные выключатели, трансформаторы, электрические генераторы, работающие под давлением газа и др.).
5. Применяемые устройства не должны уменьшать разрядные расстояния по поверхности диэлектрика.

Рассмотрим применяемые в настоящее время методы выравнивания распределения напряжения с точки зрения удовлетворения их вышеперечисленным требованиям.

Известны следующие методы выравнивания распределения напряжения по поверхности диэлектрика:

- 1) Полупроводящие покрытия.
- 2) Кольца и экраны, устанавливаемые у электродов.
- 3) Наружные вспомогательные электроды, устанавливаемые вдоль поверхности диэлектрика.
- 4) Внутренние электростатические экраны, устанавливаемые у электрода высокого напряжения.

### **Полупроводящие покрытия**

Полупроводящие покрытия широко применяются для выравнивания распределения напряжения вдоль поверхности диэлектрика на переменном и постоянном токе и дают удовлетворительные результаты. Эффективность этого способа выравнивания распределения напряжения на импульсах невелика вследствие малого влияния активной проводимости на распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика. Опыты Р. Т. Левшунова [2] показали, что полупроводящие покрытия дают возможность получить прямолинейное распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика на переменном токе и оказывают очень малое влияние на распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика на импульсах. Это является крупным недостатком метода полупроводящих покрытий.

### **Кольца и экраны, устанавливаемые у электродов**

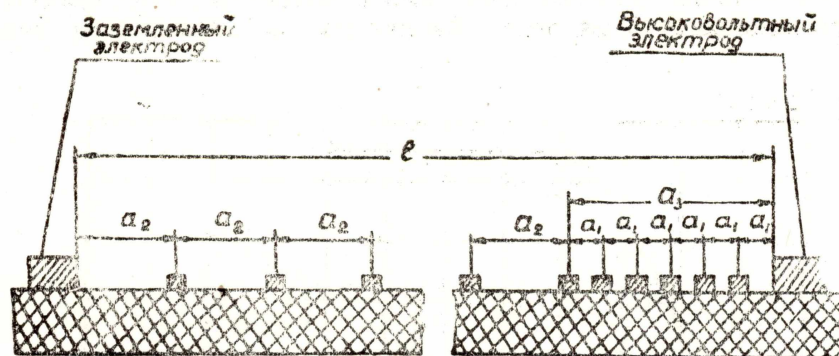
Кольца и экраны, устанавливаемые у электродов, широко применяются для выравнивания распределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов на переменном токе. Эффективность этого способа выравнивания распределения напряжения является достаточной при коротких гирляндах (6—7 элементов), но недостаточной при длинных гирляндах, как показано в нашей работе [3]. Действие экранов и колец при импульсах и переменном токе является примерно одинаковым. Наши опыты [3] показали, что при длинных гирляндах изоляторов невозможно получить прямолинейное распределение напряжения вдоль длинной гирлянды изоляторов с помощью колец и экранов.

### **Наружные вспомогательные электроды**

Наружные вспомогательные электроды, устанавливаемые вдоль поверхности диэлектрика, находят широкое применение для выравнивания распределения напряжения по поверхности опорных колонн [4]. Нами исследовалось влияние наружных вспомогательных электродов на распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика на импульсах, имеющих форму волны 0,15/32.

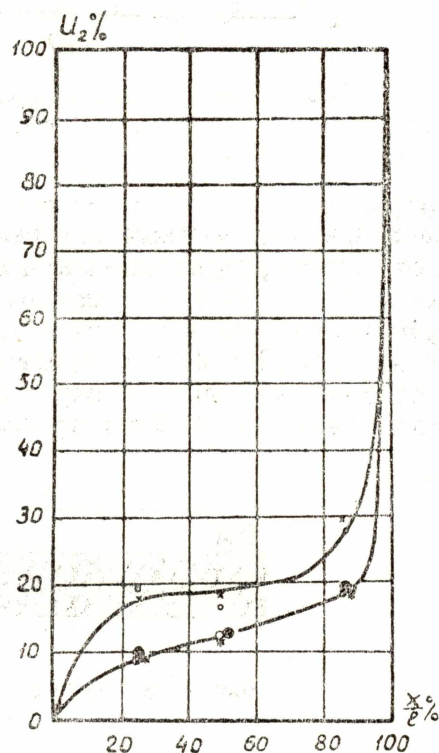
На фиг. 1. представлен разрез образца, на котором производились исследования. В качестве вспомогательных электродов применялись станиолевые полоски, которые наклеивались на поверхность плексигласовой пластинки. Ширина станиолевой полоски равнялась 2 мм. Длина образца была равна 815 мм. Испытания проводились при величине импульсного напряжения 68,8 кВ. На фиг. 2 приводятся результаты проведенных измерений. Из фиг. 2 видно, что при уменьшении расстояния между вспомогательными электродами, расположенными у высоковольтного

электрода, распределение напряжения становится более равномерным. На фиг. 3 приводится зависимость напряженности поля у высоковольт-



Фиг. 1. Образец с наружными вспомогательными электродами

ного электрода от расстояния между вспомогательными электродами, расположенными у высоковольтного электрода. Из фиг. 3 видно, что при увеличении  $a_1$  напряженность поля у высоковольтного электрода также увеличивается. Такие же результаты нами были получены для гетинаксовой пластинки длиной 750 мм и толщиной 10 мм. Проведенные исследования показывают, что установка наружных вспомогательных электродов приводит к выравниванию распределения напряжения по поверхности диэлектрика на импульсах. Выравнивающее действие вспомогательных электродов зависит от их расположения. Располагая вспомогательные электроды наивыгоднейшим образом, можно получить практически прямолинейное распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика. Таким образом, применение наружных вспомогательных электродов дает возможность получить прямолинейное изменение напряжения (постоянного, переменного и импульсного) вдоль длины диэлектрика. Однако установка вспомогательных электродов по наружной поверхности диэлектрика приводит к увеличению электрических габаритов установки, к уменьшению разрядных расстояний по поверхности диэлектрика и к уменьшению расстояний между соседними параллельностоящими опорами. Эти недостатки в значительной степени снижают ценность метода наружных вспомогательных электродов.



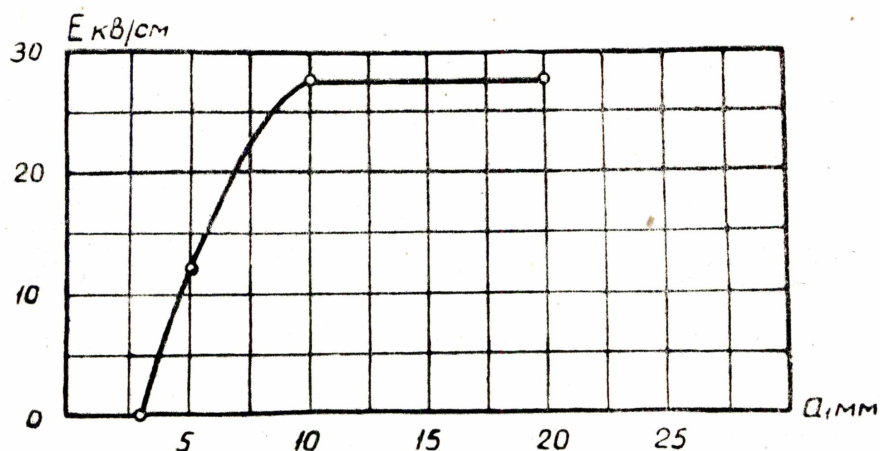
Фиг. 2. Распределение напряжения по поверхности плексигласовой пластинки длиной 815 мм с наружными вспомогательными электродами.

\*—образец при отсутствии вспомогательных электродов, х — вспомогательные электроды установлены только у высоковольтного электрода,

- —  $a_1 = 10$  мм,  $a_2 = 50$  мм;
- × —  $a_1 = 20$  мм,  $a_2 = 50$  мм

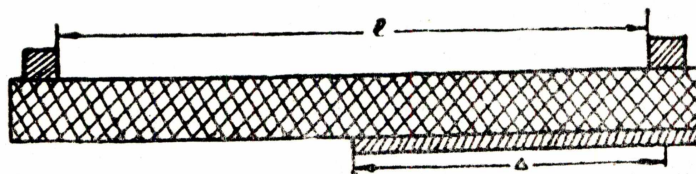
## Внутренний электростатический экран

Внутренний электростатический экран, устанавливаемый у высоковольтного электрода, рекомендован для повышения разрядного напряжения вдоль поверхности опорного изолятора на переменном токе и на



Фиг. 3. Зависимость напряженности поля у высоковольтного электрода от расстояния  $a$ .

импульсах положительной полярности [4]. Опыты Г. А. Лебедева [4] показали, что применение внутреннего электростатического экрана приводит к снижению разрядного напряжения на импульсах отрицательной полярности. Нами были поставлены специальные опыты с целью выяснения причины снижения напряжения перекрытия на импульсах отрицательной полярности. На фиг. 4 представлена конструкция образца, на котором исследовалось влияние внутреннего электростатического экрана на распределение напряжения по поверхности диэлектрика на импульсах. На

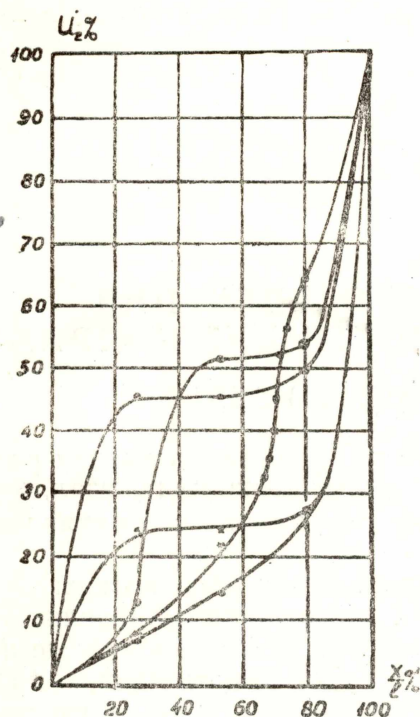


Фиг. 4. Конструкция образца с внутренним электростатическим экраном.

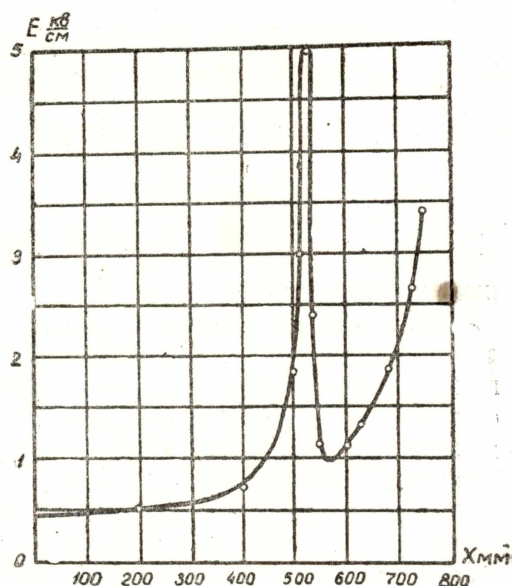
фиг. 5 дается изменение распределения напряжения вдоль поверхности твердого диэлектрика на импульсах в зависимости от длины внутреннего экрана. На фиг. 5 видно, что наибольшее падение напряжения при установленном внутреннем экране имеет место у конца экрана. На фиг. 6 приводится распределение напряженности поля по поверхности диэлектрика при длине внутреннего электростатического экрана, установленного у высоковольтного электрода, 200 мм. Как видно из фиг. 6, у конца электростатического экрана напряженность поля имеет наибольшее значение. Наличие наибольшей напряженности поля на некотором расстоянии от высоковольтного электрода создает благоприятные условия для развития отрицательного стримера. Наличие внутреннего электростатического экрана как бы нейтрализует влияние положительного объемного заряда, препятствующего развитию отрицательного стримера. В резуль-

тате этого происходит снижение разрядного напряжения при импульсах отрицательной полярности.

Таким образом, применение метода внутреннего электростатического экрана нельзя рекомендовать для выравнивания распределения напряжения по поверхности изоляционных конструкций, которые могут подвергаться действию отрицательных импульсов (например, для установок, которые могут подвергаться действию атмосферных перенапряжений).



Фиг. 5. Зависимость распределения напряжения по поверхности гетинаксовой пластины от длины внутреннего электростатического экрана  
 о — без экрана,  $\times$  —  $\Delta = 750$  мм,  
 $\oplus$  —  $\Delta = 600$  мм,  
 $\odot$  —  $\Delta = 400$  мм,  $*$  —  $\Delta = 200$  мм.



Фиг. 6. Распределение напряженности поля по поверхности диэлектрика при  $\Delta = 200$  мм.

## Выводы

Проведенный анализ некоторых распространенных методов выравнивания распределения напряжения по поверхности диэлектрика показал, что ни один из них не является в достаточной степени удовлетворительным. Из всех рассмотренных методов наибольшего внимания заслуживает метод наружных вспомогательных электродов, с помощью которого можно получить практически равномерное распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика на импульсах и переменном токе. Другие методы такой возможности не дают. Однако и этот метод имеет вышеперечисленные серьезные недостатки. Поэтому постановка исследований с целью нахождения новых методов выравнивания распределения напряжения по поверхности диэлектрика, которые не имели бы недостатков применяемых методов, является актуальной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриевский В. С. Распределение напряжения вдоль поверхности диэлектрика на импульсах (настоящий сборник).
2. Левщунов Р. Т. Исследования изоляторов, покрытых полупроводящей глазурью. «Электрические станции». № 4, 36, 1954.
3. Воробьев А. А., Дмитриевский В. С. К вопросу о распределении напряжения по гирлянде изоляторов, «Электричество», № 10, 75, 1954.
4. Техника высоких напряжений, под общей редакцией профессора Л. И. Сиротинского, Госэнергоиздат, 1951.