

## ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ГАЗОВОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА ОТКАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Л. В. АЛЫПОВА, В. С. ДМИТРЕВСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры ЭИКТ)

Частичные разряды в газовых включениях твердого диэлектрика сопровождаются образованием потока электронов и ионов, бомбардирующих стенки включения, химически активных соединений и повышением температуры. Одновременное действие потока электронов и ионов и химически активных веществ вызывает разрушение твердого диэлектрика.

Эрозионное разрушение диэлектрика при действии частичных разрядов экспериментально наблюдалось рядом исследователей на моделях с плоскими порами [1—3]. В практической изоляции газовые включения имеют, как правило, эллипсоидальную форму, в них наблюдается быстрое затухание частичных разрядов [4]. Естественно, что в таких газовых включениях эрозионный износ изоляции будет происходить очень медленно и вряд ли может вызвать пробой изоляции. Между тем в [5] указывается, что при меньшем времени воздействия напряжения пробиваются образцы, в которых затухание частичных разрядов происходит быстрее.

В [6] была высказана гипотеза об определяющем влиянии на пробой изоляции локальных напряженностей поля в твердом диэлектрике. Если неоднородность представляет собой эллипсоид вращения, то величину локальной напряженности поля  $E_m$  при средней напряженности поля  $E$  найдем [7]

$$E_m = \frac{E}{1 - \left(1 - \frac{1}{\nu}\right) e^{-\frac{0,41}{y^{1,22}}}}, \quad (1)$$

где

$\nu$  — представляет отношение полных удельных проводимостей неоднородности и диэлектрика,

$y = \frac{a}{b}$  — отношение осей эллипсоида вращения неоднородности ( $a$  —

длина включения в направлении поля,  $b$  — длина включения в направлении, перпендикулярном полю).

Для ионизированного газового включения можно положить  $\nu$  близким к бесконечности. Тогда наибольшая локальная напряженность поля определяется величиной  $y$ . Из [1] следует, что  $E_m$  будет тем больше, чем меньше  $b$  и больше  $a$ .

Целью настоящей работы является выяснение основной причины пробоя электрической изоляции при наличии в ней газовых включений и длительном приложенном напряжении, а именно: является ли основной причиной эрозийный износ частичными разрядами или высокие локальные напряженности поля, приводящие к разрыву связей в материале.

Эксперименты проводились на полиэтиленовой пленке с искусственными газовыми включениями. Образец состоял из трех слоев пленки толщиной 0,19 мм. В среднем слое пленки были сделаны отверстия диаметром 1 мм (1 отверстие) и диаметром 0,1 мм (100 отверстий). Число отверстий малого диаметра было выбрано таким, чтобы суммарная площадь сечения отверстий малого диаметра должна быть равна площади сечения отверстия большого диаметра. Таким образом, устранялось влияние площади диэлектрика на пробой изоляции. Эскиз образцов дан на рис. 1, где обозначено: 1 — отверстия малого диаметра и 2 — отверстия большого диаметра. На аналогичных образцах, но с одним типом газовых включений, было измерено напряжение начала частичных разрядов ( $U_n$ ). Среднее значение  $U_n$  для образцов с отверстиями 1-го типа составило 2,6 кВ, а для образцов с отверстиями 2-го типа — 2,0 кВ. Интенсивность частичных разрядов прямо пропорциональна ( $U - U_n$ ), т. е. более высокая интенсивность частичных разрядов должна быть при включениях 2-го типа.

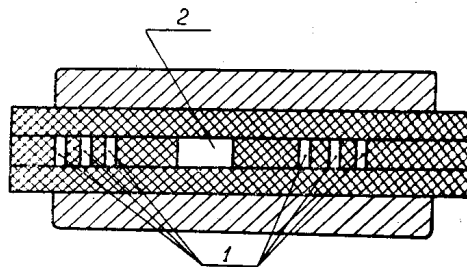


Рис. 1. Конструкция образца: 1 — отверстие малого диаметра, 2 — отверстие большого диаметра

Следовательно, если пробой изоляции при длительном приложении напряжения обусловлен эрозией диэлектрика частичными разрядами, то канал пробоя должен проходить через включение 2-го типа. Если же за пробой при длительном приложении напряжения ответственна наибольшая локальная напряженность поля, создаваемая вокруг ионизированного газового включения, то канал пробоя должен проходить через включения 1-го типа, так как в этом случае  $u$  в 10 раз больше, чем при включении 2-го типа (1). В табл. 1 приводятся результаты испытания образцов при разном приложенном напряжении.

Таблица 1

Приложенное напряжение, кВ	Число испытанных образцов	Число образцов с каналом пробоя через включения	
		I типа	II типа
20	15	15	0
27	15	15	0

Данные табл. 1 показывают, что пробой изоляции всегда происходил в месте наибольшей локальной напряженности поля.

Проведенные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшую опасность для изоляции представляют газовые включения, вытянутые по направлению электрического поля.

2. Напряжение начала частичных разрядов в практических конструкциях не определяет срок ее службы.

3. Большая скорость затухания частичных разрядов, характерная для включений малых диаметров, указывает на существование газовых включений, вытянутых в направлении поля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Койков, А. Н. Цикип. Изменение пробивного напряжения толщины и веса полимерных пленок при ионизационном старении. Сб. «Пробой диэлектриков и полупроводников». «Энергия», 1964, стр. 311—314.
  2. I. H. Mason. Deterioration and breakdown of dielectrics Resulting from internal discharges. Proc. of the IEE 1951, 98, № 1, 44—58.
  3. Н. С. Ильченко, Г. И. Гаврилюк, А. В. Ковалев. Влияние величины интенсивности ионизации на срок службы полиэтилена а-пленки. Известия вузов, «Энергетика», № 3, 1966, 20—26.
  4. В. С. Дмитриевский, Р. М. Кессених, Ю. Н. Шумилов. Затухание ионизации в газовых включениях органических диэлектриков. «Электротехника», в печати.
  5. А. Н. Перфилетов. Электрическая прочность кабельного полиэтилена и кабелей с полиэтиленовой изоляцией. Сб. «Пробой диэлектриков и полупроводников». «Энергия», 1964, стр. 117—122.
  6. В. Ф. Графов, А. А. Воробьев, В. С. Дмитриевский, В. А. Лхамжапов, В. И. Меркулов. Старение твердых диэлектриков и надежность электрической изоляции. Изв. СО АН СССР, в печати.
  7. В. С. Дмитриевский, В. И. Меркулов. Функция распределения вероятностей пробивных напряженностей электрического поля полимерных диэлектриков. Известия вузов, «Физика», № 1, 1971, стр. 49—55.
-