

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ СПЛОШНОСТИ И ТОЛЩИНЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ МЕТОДОМ

В.А. Сясько¹, Алексей Сергеевич Мусихин², И.С. Гнивуш³
¹ООО «КОНСТАНТА», Санкт-Петербург, Россия, 9334343@gmail.com
²ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, Санкт-Петербург, Россия, musihinaleksei@mail.ru,
+7-981-129-14-73
³СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия, klin4_g@mail.ru

Современные темпы развития мировой промышленности вызывают существенный рост применения диэлектрических антикоррозионных покрытий. Важными параметрами таких покрытий являются толщина и сплошность, контроль которых осуществляется различными методами неразрушающего контроля (НК). Однако, современные методы НК, в рамках стандартизированных методик, не позволяют проводить контроль сразу обоих параметров покрытия. Представляет интерес использование электроискрового метода, как метода допускового контроля толщины и сплошности диэлектрических покрытий [1].

Использование электроискрового метода НК подразумевает создание условий на поверхности покрытия, при которых на участках покрытия со сквозными отверстиями или недопустимыми утонениями (дефектами) произойдет электрический пробой, не повлияв при этом на эксплуатационные параметры бездефектных участков.

Пробивное напряжение дефекта покрытия $U_{пр}$ (сквозного и не сквозного) можно определить расчетным путем:

$$U_{пр} \approx \frac{E_{пр}}{h},$$

Для недопустимого утонения покрытия [2]:

где $E_{пр}$ – электрическая прочность покрытия [кВ/мм].

$$E_{пр} = K \cdot K_B \cdot (A_c^0)^{1.1} \cdot \exp\left(\frac{a}{b + \lg(b)} + \frac{m}{n + \lg(\tau)}\right),$$

где, K – коэффициент пропорциональности, зависящий от толщины d диэлектрика, τ – длительность воздействия приложенного напряжения, K_B – вероятность пробоа, A_c^0 – энергия каналаобразования, a , b , n , m – некоторые постоянные.

Для воздушного промежутка [3]:

$$E_B = \frac{B_0 \cdot P}{\ln \frac{A_0 \cdot P \cdot d}{\ln(1 + \frac{1}{\gamma})}}$$

где, P – давление газа, A_0 – коэффициент, зависящий от состава газа, B_0 – коэффициент, зависящий от энергии ионизации газа, d – толщина диэлектрического покрытия, γ – вторичный коэффициент ионизации газа.

Так же пробивное напряжение для дефектов можно определить экспериментально. В ходе эксперимента для нанесения покрытий использовалась эмаль КУ-1102, а в качестве подложки контрольного образца - лист фольгированного текстолита со слоем медной фольги толщиной 70 мкм. На различные области подложки было нанесено три, шесть и девять слоев эмали. Результаты приведены на рис 1.

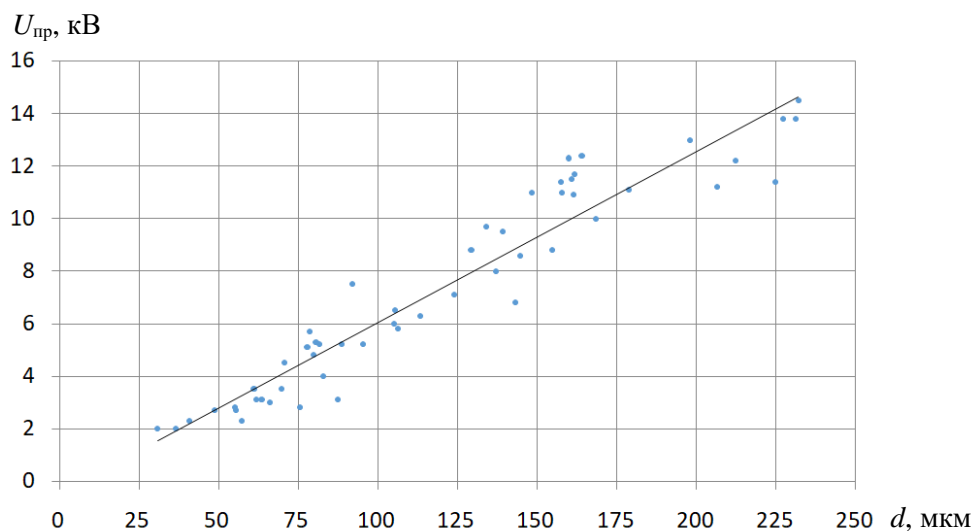


Рис. 1. Зависимость пробивного напряжения покрытия $U_{пр}$ от толщины покрытия d .
На основании полученных значений построена линейная регрессия.

Опираясь на полученные экспериментальные данные с использованием алгоритма с численным откликом [4,5] была получена зависимость вероятности обнаружения дефектов (типа недопустимое утонение) от испытательного напряжения электроискрового метода (рис. 2).

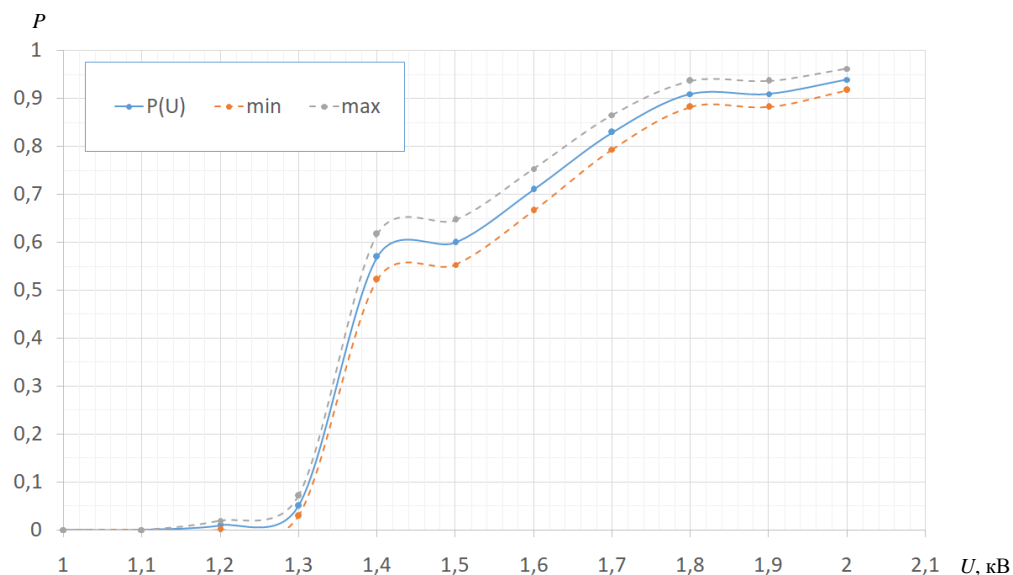


Рис. 2. Распределение вероятности обнаружения дефекта «недопустимое утонение 120 мкм».

Таким образом, теоретический и экспериментальный анализ процессов искрообразования в области дефектов диэлектрических покрытиях, а так же применение вероятностного подхода к процедурам подготовки и проведения НК, позволили разработать методики контроля, повышающие информативность и производительность контроля диэлектрических покрытий.

Литература

1. Вершинин Ю.Н. Электронно-тепловые и детонационные процессы при электрическом пробое твердых диэлектриков: Книга – Екатеринбург: УрО РАН, 2000 - 260 с
2. Райзер Ю.П. Физика газового разряда: Учебное руководство – 2-е изд. – М. Наука. 1992 – 536 с.

3. Физика диэлектриков (область сильных полей): Учебное пособие / Г.А. Воробьев, Ю.П. Похолков, Ю.Д. Королев и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 244 с.
4. Чертищев В.Ю. Оценка вероятности обнаружения дефектов акустическими методами в зависимости от их размера в конструкциях из ПКМ для выходных данных контроля в виде бинарных величин // Авиационные материалы и технологии. 2018. №3. С 65-79. ;
5. Лебедев А.М. Исследование достоверности допускового контроля // Научный вестник МГТУ ГА. 2005. №4 С 65-70.