

Практическое занятие 6. Диэлектрики.

Задача 1. Нормально вектору напряженности однородного электрического поля $E_0 = 100$ В/м расположена пластина изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$. Определить: а) напряженность поля E и электрическое смещение (электрическую индукцию) D внутри пластины; б) поляризованность диэлектрика P и поверхностную плотность связанных зарядов δ .

Решение

а) Среднее макроскопическое электрическое поле E диэлектрике в ε раз меньше внешнего: $E = 100/2 = 50$ В/м. Для большинства диэлектриков поляризованность пропорциональна напряженности поля:

$$P = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)E = 8,85 \cdot 10^{-12}(2 - 1) \cdot 50 = 4,42 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2.$$

В изотропных диэлектриках векторы напряженности электрического поля и поляризованности совпадают по направлению, а электрическое смещение

$$D = \varepsilon_0 E + P = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 50 + 4,42 \cdot 10^{-10} = 8,85 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2.$$

б) Поляризованность однородного плоского диэлектрика в равномерном электрическом поле равна поверхностной плотности связанных зарядов: $\delta = P = 4,42 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2$.

Задача 2. При комнатной температуре тангенс угла диэлектрических потерь ультрафарфора $\text{tg } \delta_0 = 5 \cdot 10^{-4}$, а при повышении температуры до 100°C он возрастает в два раза. Чему равен $\text{tg } \delta$ этого материала при температуре 200°C ? Во сколько раз увеличится активная мощность, выделяющаяся в высокочастотном проходном изоляторе из этого материала, при изменении температуры от 20 до 200°C ? Изменением диэлектрической проницаемости керамики пренебречь.

Решение

Потери в ультрафарфоре обусловлены сквозной электропроводностью, поэтому тангенс угла диэлектрических потерь увеличивается с температурой по экспоненциальному закону: $\text{tg } \delta_T = \text{tg } \delta_0 \exp[\alpha(T - T_0)]$, где $\text{tg } \delta_0$ – значение при $T_0 = 20^\circ\text{C}$; α – температурный коэффициент $\text{tg } \delta$, который может быть найден из выражения

$$\alpha = \frac{\ln \text{tg } \delta_{100} - \ln \text{tg } \delta_0}{100 - 20} = 8,66 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}.$$

Тогда $\text{tg } \delta_{200} = 2,38 \cdot 10^{-3}$.

Выделяющаяся в изоляторе активная мощность P_a растет с температурой пропорционально $\operatorname{tg} \delta$. Поэтому

$$\frac{P_{a200}}{P_{a0}} = \frac{\operatorname{tg} \delta_{200}}{\operatorname{tg} \delta_0} = \frac{2,38 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}} = 4,76.$$