

УДК 621.365.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ НАГРЕВА ДИЭЛЕКТРИКОВ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Гилязов Р.Р.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Анфиногентов В.И.

Казанский государственный технический университет им.А.Н.Туполева

Создание адекватных математических моделей является одним из главных этапов проектирования и разработки технологических СВЧ нагревательных установок.

В данном докладе сравниваются две модели возбуждения электромагнитного поля в слое диэлектрика встречными плоскими волнами от двух источников, возбуждаемых когерентно и некогерентно. Аналитическое решение может быть найдено при допущении о постоянстве электрофизических параметров диэлектрика.

Распределение температуры в слое диэлектрика удовлетворяет нестационарному уравнению теплопроводности

$$c \cdot \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + Q(x, t), \quad t > 0, \quad 0 < x < H$$

при начальном и граничных условиях следующего вида:

$$T(x, 0) = T_0, \quad \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}(0, t) = \chi_1(T(0, t) - T_{cp}), \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}(H, t) = \chi_2(T(H, t) - T_{cp}).$$

здесь χ_1, χ_2 – коэффициенты теплообмена на границах слоя, T_0, T_{cp} – температура диэлектрика в нулевой момент времени и температура окружающей среды соответственно, $Q(x, t)$ – функция источников тепла, пропорциональная квадрату модуля напряженности электрического поля E в диэлектрике. При некогерентном возбуждении

$$|E(x)|^2 = \frac{1}{2} \left| \frac{S_{21}}{1 + S_{11} \cdot e^{-2\gamma H}} \right|^2 (|e^{-\gamma x}|^2 + |e^{-\gamma(H-x)}|^2),$$

где S_{11} – коэффициент отражения от границы воздух-диэлектрик, $S_{21} = \sqrt{1 - |\Gamma|^2}$, $\Gamma = (Z_1 - Z_2)/(Z_1 + Z_2)$, Z_1, Z_2 – характеристическое сопротивление воздуха и диэлектрика соответственно, $\gamma = \alpha + j\beta$, α – коэффициент затухания, β – фазовый коэффициент. При некогерентном возбуждении

$$|E(x)|^2 = \frac{1}{2} \left| \frac{S_{21}}{1 + S_{11} \cdot e^{-2\gamma H}} \right|^2 (|e^{-\gamma x} + e^{-\gamma(H-x)}|^2)$$

На рис. приведены кривые, отражающие зависимость температуры от глубины ($H = 0.1$ м) при когерентном (сплошная кривая) и некогерентном (пунктирная кривая) возбуждении. Если при некогерентном возбуждении обеспечивается хорошая равномерность СВЧ нагрева по толщине диэлектрика (особенно при $H < \alpha^{-1}$), то при когерентном возбуждении распределение температуры зависит от толщины слоя.

