

УДК 519.87:621.363

ГЕРАСИМОВИЧ Л.С., д.т.н., проф.,

КРАТОВ А.В., инженер (БАТУ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА
 ПОВЕРХНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ
 МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ

Тепловой поток пластины поверхностно-распределенного электронагревателя (ПЭ) при нагреве, например, минерального масла может быть заменен электрической цепью — линией передачи с распределенными параметрами. Данная линия представляет собой совокупность последовательно расположенных Т-образных участков и в стационарных условиях характеризуется двумя распределенными параметрами на единицу длины — сопротивлением и проводимостью. Напряжение и ток в точке линии, расположенной на расстоянии X от ее начала по известным в начале линии напряжению U_1 и току I_1 , определяется по формулам:

$$\dot{U} = U_1 \operatorname{ch} \gamma x - I_1 Z_0 \operatorname{sh} \gamma x \quad (1)$$

$$\dot{I} = I_1 \operatorname{ch} \gamma x - \frac{U_1}{Z_0} \operatorname{sh} \gamma x, \quad (2)$$

где $\gamma = \sqrt{Z_0 \cdot Y_0}$ — постоянная распространения, $Z_0 = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}}$ — волновое сопротивление, Z_0, Y_0 — соответственно, полное сопротивление и проводимость линии.

Уравнение, описывающее нагрев масла пластиной (из единичной высоты и длиной Δx) имеет вид:

$$q = \lambda_3 \delta \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (3) \quad q = 2 d \sigma t \alpha x, \quad (4)$$

где q - тепловой поток реэистивного слоя ПЭН, λ_3 - эквивалентная теплопроводность и δ - толщина корпусно-изоляционных слоев ПЭН, d - коэффициент теплоотдачи пластины ПЭН.

Сравнение уравнений (3) и (4) с формулами закона Ома для тока, проходящего через сопротивление $I = \frac{U}{Z}$ и через проводимость $I = Y \cdot U$ показывает, что электрический ток I является аналогом теплового потока q , а напряжение U является аналогом температурного напора Δt . Термическое сопротивление единицы длины корпусно-изоляционных слоев ПЭН в случае теплопроводности можно рассматривать в качестве аналога электрического сопротивления $Z = \frac{1}{2\lambda_3\delta}$, а термическую проводимость единицы длины ПЭН при конвективной теплоотдаче - аналогом электрической проводимости $Y = 2d$. Тогда по аналогии с электрической линией передачи

$$z_B = \sqrt{\frac{1}{2\lambda_3\delta d}}; \quad \gamma = \sqrt{\frac{2d}{\lambda_3\delta}}$$

Пренебрегая теплоотдачей в торцах пластины, температурный напор в любой точке x можно выразить следующей формулой

$$T = T_R \operatorname{ch} \gamma x - q \cdot z_B \cdot \operatorname{sh} \gamma x,$$

где T_R - температура реэистивного слоя ПЭН.