

УДК 620.9

Н.Р.Крива, Г.М.Семенишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗРАХУНОК СПІРАЛЕПОДІБНОГО НАГРІВАЧА

N.Kryva, H.Semenyshyn

## CALCULATION OF SPIRAL HEATER

**Abstract.** Based on the laws of electrodynamics, the specific power of heat sources during induction heating of a spiral-shaped cylindrical container made of a tube with a circular cross-section was determined. This technique can be used to design various types of induction heating systems.

Розглянемо метод визначення питомої потужності теплових джерел при індукційному нагріванні спіралеподібної ємкості циліндричної форми виготовленої з трубки круглого поперечного перерізу (далі будемо називати її технологічний індуктор) зображену на рис. 1. Намотка, розміщена всередині між двома сталевими циліндричними поверхнями одночасно діє на внутрішню та зовнішню частини індуктора. Приварені до циліндрів сталеві труби одночасно забезпечують передачу тепла до теплоносія та споживання електромагнітної енергії.

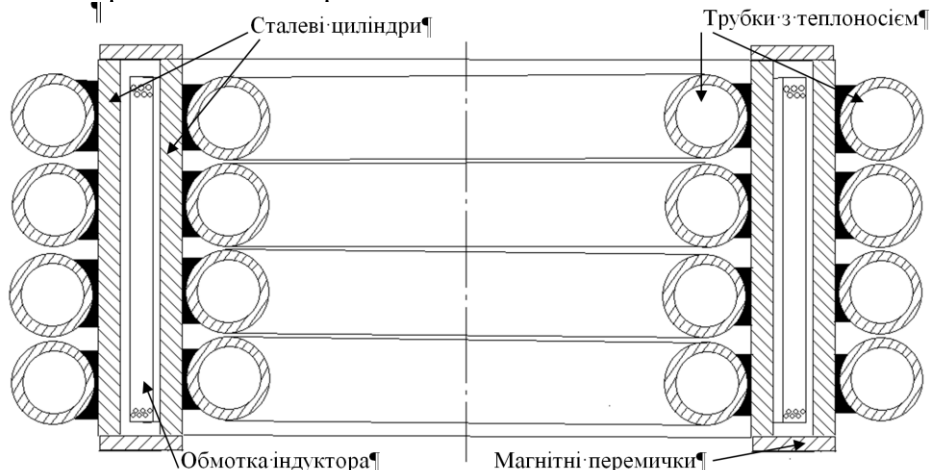


Рис. 1. Індуктор з двостороннім розміщенням джерел тепла.

Дослідимо перший випадок, коли індуктор розташований зовні технологічного індуктора. Позначимо  $H_{me}$  - напруженість магнітного поля на поверхні цієї сторони, тоді напруженість електричного і магнітного полів в цьому елементі буде визначатися так:

$$\dot{E}_5 = \dot{E}_m \cdot e^{i\omega t} = \sqrt{2} \cdot k\rho H_{me} \cdot e^{-k(x-x_n)} e^{i(\omega t - k(x-x_n) + \frac{\pi}{4})} \quad (1)$$

$$\dot{H} = \dot{H}_m \cdot e^{i\omega t} = H_{me} \cdot e^{-k(x-x_n)} e^{i(\omega t - k(x-x_n))} \quad (2)$$

де  $k = \sqrt{\frac{\omega \mu_0 \mu}{2\rho}}$ , тут  $\mu_0$  - магнітна стала,  $\mu$  - магнітна проникність матеріалу,  $\omega = 2\pi f$  - кругова частота,  $f$  - частота струму,  $t$  - час нагрівання,  $\rho$  і  $\gamma$  - відповідно питомий опір і питома провідність матеріалу,  $H_{me} = \frac{\sqrt{2} \cdot I \cdot N}{a}$ ,  $I$  - сила струму, що протікає в індукторі,  $N$  - кількість витків індуктора,  $a$  - висота індуктора,  $x_n$  і  $x_m$  - відповідно, координати внутрішньої і зовнішньої стінок індуктора.

Відомо [1], що питома потужність теплових джерел на боковій стороні матиме вигляд:

$$W = \gamma \dot{E}^* E \quad (3)$$

Підставляючи вирази (1) і (2) у вираз (3) одержимо формулу для визначення питомої потужності теплових джерел через фізичні і геометричні параметри простору:

$$W_1 = 2k^2 \rho H_{me}^2 \cdot e^{-2k(x_1 - x_n)} \quad (4)$$

Визначена у (4) залежність стосується однієї сторони індуктора, що нагрівається. Для іншої (зовнішньої) розрахунок виглядає таким самим, але із зміною системи координат.

$$W_2 = 2k^2 \rho H_{me}^2 \cdot e^{-2k(x_2 - x_m)} \quad (5)$$

При такому розміщенні обмотки індуктора на обидві сторони виділяється однакова питома потужність теплових джерел, відповідно і однакова кількість тепла буде виділятися на стінці зовнішнього і внутрішнього нагрівача.

Для того щоб отримати значення потужності  $P$ , що виділяється в результаті нагрівання стінок технологічного індуктора, необхідно кожному питому потужність теплового джерела (4) і (5) проінтегрувати по об'єму своєї сталевих частини індуктора, який вона нагріває, після чого просумувати.

Даний метод визначення питомої потужності теплових джерел можна використовувати для проектування різного роду нагрівальних систем. Так якщо через технологічний індуктор пропустити теплоносії (для прикладу воду), то його можна використовувати в якості опалювальної системи, а також в промисловості для нагрівання різного роду речовин.

Метод можна використовувати для визначення питомої потужності теплових джерел, як для однофазного струму так і для трифазного, при цьому використовуються ті ж самі формули, що і для однофазного струму. Тобто розглядаються три окремі однофазні системи, технологічні індуктори яких з'єднанні паралельно або послідовно між собою, в залежності від конструктивного виконання пристрою для нагрівання теплоносія.

На основі розробленої математичної моделі отримані вирази для визначення напруженості магнітного та електричного полів, які дозволяють визначити питому потужність теплових джерел через фізичні та геометричні параметри простору для проектування електричних нагрівальних систем індукційної дії.

### Література

1. Письменный А.С. Расчет двухмерного электромагнитного поля при синусоидальном в пространстве возбуждающем поле / Письменный А.С. // Техническая электродинамика. — 1988.- № 4. - С. 25-30.