

УДК 620.9

Ю.Гладь, к.т.н., доц., Н.Гашин к.т.н. доц., Н.Крива

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАЧА

Yu. Hlado, Ph.D, Assoc. Prof., N.Gashchyn Ph.D Assoc. Prof, N.Kryva

### ENGINEERING METHODOLOGY OF CALCULATION OF AN INDUCTION HEATER

Принцип роботи установок індукційного нагріву такий – це електромагнітний пристрій для нагрівання індукційними струмами, що збуджуються в металі нагрівального елемента змінним магнітним полем. З електротехнічної точки зору, індукційний електронагрівник являє собою трансформатор, що складається з первинної обмотки і спеціальної вторинної обмотки у виді труби. Метал нагрівального елемента під впливом магнітного поля, створюваного котушками, нагрівається і передає тепло теплоносію, яким може бути в різних випадках вода, олія, антифриз, газ, сипучі, несипучі речовини і т.д.

Для спрощення розрахунків та можливості порівняння результатів дослідження, здійсненого за допомогою точних законів електродинаміки та за допомогою класичних засобів електротехніки застосуємо спрощену модель на основі інженерної методики, наведеної нижче. Розрахунок наведено для застосування промислової частоти 50 Гц, як найбільш доступної та дешевої. У цьому випадку не потрібно використовувати перетворювачі частоти, які є дорогими і в загальному випадку зменшують коефіцієнт корисної дії та зменшують надійність. Застосуємо для розрахунку індукційного нагрівача схему заміщення однофазного трансформатора із двома вихідними обмотками виду

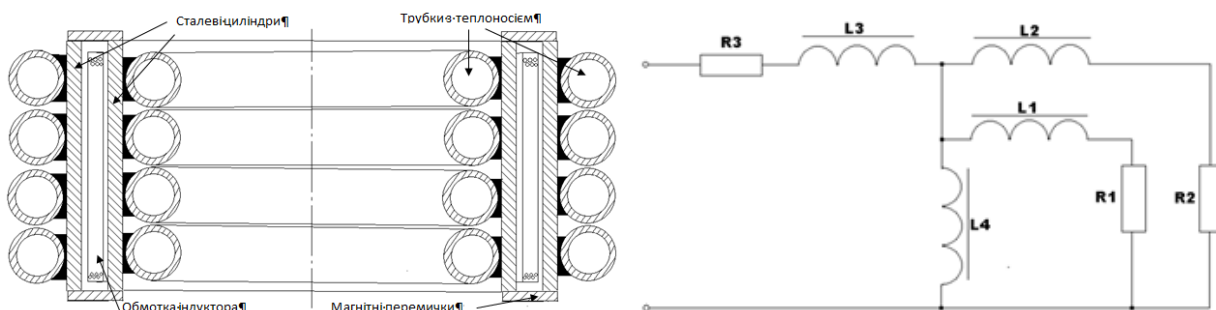


Рис. 1 Варіант конструктивного оформлення індуктора з двостороннім розміщенням джерел тепла та його еквівалентна електрична схема.

У представленій схемі елементи  $R_1$  і  $R_2$  представляють собою зведені активні складові опорів внутрішньої та зовнішньої частин сталеві трубочасті обмотки, яка служить для нагрівання води. Елементи  $L_1$  і  $L_2$  - зведені реактивні складові індуктивного опору розсіювання на вторинних обмотках (відповідно на внутрішній та зовнішній поверхнях). Опір  $R_3$  - це активний опір первинної мідної обмотки.

Індуктивність розсіювання  $L_3$  - характеризує реактивну складову індуктивного опору розсіювання для первинної мідної обмотки. Індуктивність  $L_4$  визначає власну індуктивність первинної обмотки у режимі холостого ходу.

Індуктивність  $L_4$  повинна бути такою, щоб реактивний струм первинної обмотки не перевищував 5 - 10 % номінального струму при номінальній напрузі. Враховуючи нелінійний процес намагнічування сталі ці характеристики треба дослідити експериментально.

Приблизний розрахунок індуктивності холостого ходу можна зробити через розрахунок індуктивності вільної соленоїдної обмотки без магнітного осердя, а потім перемножити її на коефіцієнт магнітної проникності сталі ( $\mu = 16$ ).

$$L_4 = \mu\mu_0 N^2 S / l$$

де  $N$  - кількість витків первинної обмотки,  $S$  - площа поперечного перерізу,  $l$  - довжина обмотки.

Індуктивності розсіювання вторинних обмоток  $L_1$  і  $L_2$  практично відсутні внаслідок близького розташування провідника до магнітної поверхні (власне струм тече по поверхні магнітного осердя, тобто сталь одночасно виконує роль провідника і магнітного осердя).

Враховуючи все вищенаведене запишемо комплексний опір пристрою

$$Z = R_3 + j\omega L_3 + \frac{1}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{j\omega L_4}} = R_3 + j\omega L_3 + j \frac{\omega L_4 R_{12}}{R_{12} + j\omega L_4} =$$

$$= R_3 + \frac{\omega^2 L_4^2 R_{12}}{R_{12}^2 + \omega^2 L_4^2} + j \left( \omega L_3 + \frac{\omega L_4 R_{12}^2}{R_{12}^2 + \omega^2 L_4^2} \right)$$

$$R_s = R_3 + \frac{\omega^2 L_4^2 R_{12}}{R_{12}^2 + \omega^2 L_4^2}$$

$$X_s = \omega L_3 + \frac{\omega L_4 R_{12}^2}{R_{12}^2 + \omega^2 L_4^2}$$

Активна складова комплексного опору  $R_s$  характеризує величину активної потужності нагрівача, яка йде на утворення тепла.

Використання інженерного методу розрахунку дає можливість приблизно оцінити значення параметрів індукційної системи та дати основу для методики точного розрахунку індуктора.