

УДК 620.9

Юрій Гладь, к.т.н., доц.; Надія Крива

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЧИСЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ

Анотація. Проведене числове дослідження електричних і теплових параметрів індукційної опалювальної установки.

Ключові слова: індукційний нагрів, теплові джерела, оптимальні параметри.

Yurii Hlado, Ph.D, Assoc. Prof.; Nadija Kryva

NUMERICAL STUDY OF INDUCTION HEATING PROCESSES

Abstract. A numerical study of the electrical and thermal parameters of the induction heating installation was carried out.

Keywords: induction heating, heat sources, optimal parameters.

Теоретичні дослідження теплових та електричних параметрів нагрівальних опалювальних установок, що розглядаються у [1, 2], потребують числового моделювання з метою досягнення раціональних конструктивних та енергетичних показників вказаних опалювальних установок.

Вважатимемо, що вся енергія, яка виділяється у сталевій частині передається до рухомого теплоносія (води). Втратами тепла у навколишнє середовище знехтуємо, вважатимемо, що теплоізоляція є достатньою.

При опаленні приміщень температура води на вході до установки з часом підвищиться та стабілізується на певному рівні, такому, що втрати енергії на опалення та на нагрівання теплоносія стануть рівними між собою. В цьому випадку важливим є забезпечення циркуляції теплоносія із швидкістю, достатньою для його нагрівання до безпечного рівня.

Дослідимо залежність показників ефективності роботи нагрівальної індукційної установки від конструктивних параметрів індуктора. Основні конструктивні параметри, які аналізувались - це діаметр та висота осердя установки, а також діаметр дроту, яким виконана обмотка.

Для проведення аналізу за допомогою програми обчислимо залежності потужності, коефіцієнта корисної дії та індукції у нагрівальній установці та побудуємо відповідні графіки.

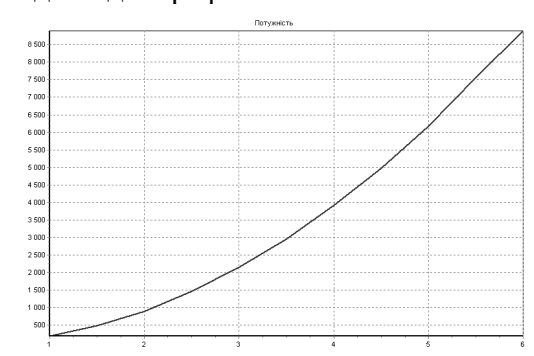


Рис. 1 Графік потужності, яку розвиває індуктор, в залежності від діаметра дроту.

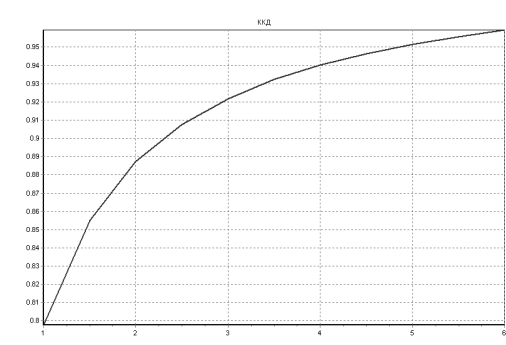


Рис. 2 Графік к.к.д. індуктора в залежності від діаметра дроту.

Аналіз графіків на рис. 1 і рис. 2 показує, що збільшення діаметра мідного дроту, яким навита обмотка індуктора, призводить до збільшення потужності нагріву практично у квадратичній залежності. Це пояснюється тим, що із збільшенням діаметра дроту зменшується кількість витків, і відповідно, індуктивність, що призводить до суттєвого збільшення струму. Занадто велике зменшення витків спричиняє перевантаження по намагніченню, матеріал заходить у глибоке насичення, а тому потрібно обмежитись таким значенням індукції, щоб воно не перевищувало допустимого, приблизно 0,5 - 1,0 Тл.

Коефіцієнт корисної дії із зменшенням діаметра дроту суттєво погіршується, що пов'язано в першу чергу із значним зростанням опору намотки, як відомо у залежності четвертого степеня від діаметра дроту при тому ж об'ємі намотки

$$R = \rho \frac{V}{\pi^2 r^4}.$$

При цьому значне збільшення індуктивності внаслідок суттєвого збільшення витків сприяє значному зменшенню струму та, відповідно, зменшенню індукції. Такий режим роботи не бажаний, бо зменшення к.к.д. і загальної потужності суттєво погіршує техніко-економічні показники установки, тобто вона недовикористовується по потужності.

Отже, існує певна оптимальна межа для вибору діаметра дроту в залежності від проектної потужності нагрівача. Як збільшення, так і зменшення його діаметра негативно впливають на загальну роботу установки.

Проведемо аналіз залежності параметрів індукційного нагрівача від зміни діаметра осердя індуктора.

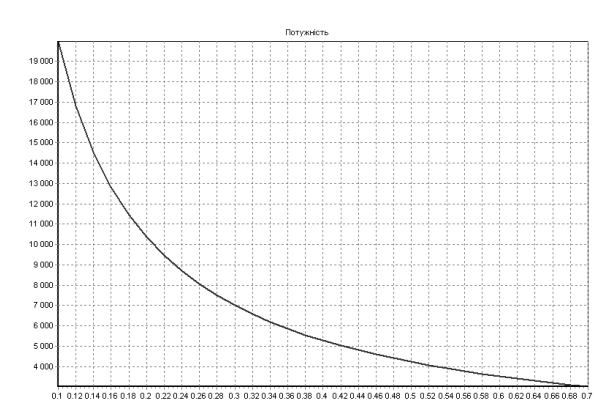


Рис. 3 Графік залежності потужності, яку розвиває індуктор, від його діаметра.

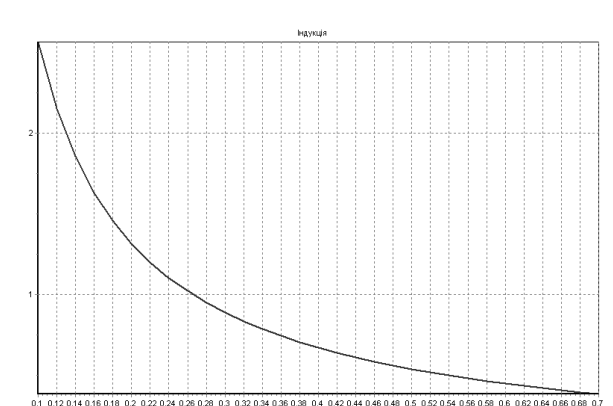


Рис. 4 Графік залежності індукції в індукторі від його діаметра.

На рис. 3 і 4 зображено зміну потужності та рівня індукції у досліджуваному індукторі в залежності від його діаметра. Як видно, збільшення діаметра індуктора суттєво зменшує як потужність, що розвиває установка, так і рівень індукції в ній. Це очевидно, тому що збільшення діаметра приводить до збільшення індуктивності індуктора і зменшення струму в ньому, а це напряду впливає на зменшення потужності установки. Виходячи із допустимого рівня магнітної індукції необхідно добирати геометрію індуктора, тобто його діаметр та висоту.

Доцільно, також, проаналізувати залежність потужності та індукції в установці нагрівача від зміни висоти осердя індуктора. Відповідні графічні залежності зображені на рис. 5 і 6.

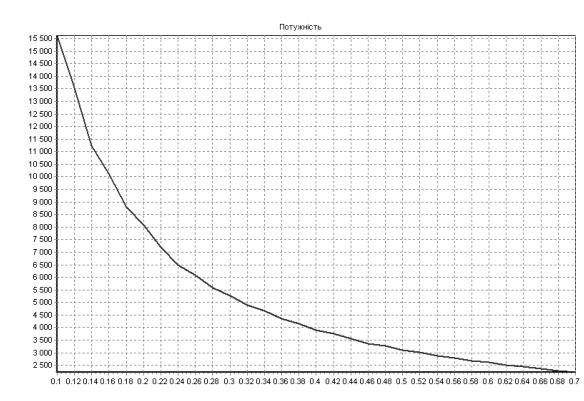


Рис. 5 Графік залежності потужності, яку розвиває індуктор, від висоти осердя.

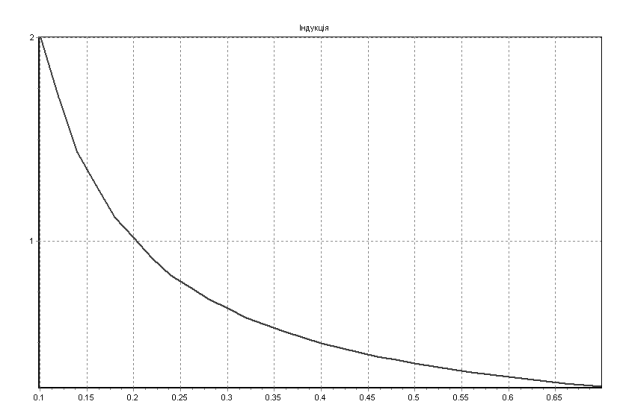


Рис. 6 Графік залежності індукції в індукторі від висоти осердя.

Аналіз графіків рис. 5 і 6 подібний до попереднього. Залежності можна пояснити аналогічно, як і для зміни діаметра. Збільшення висоти збільшує кількість витків обмотки, що призводить до збільшення індуктивності та опору обмотки. Це призводить до зменшення потужності та рівня індукції. Проте к.к.д. є майже не залежним від висоти індуктора.

Аналіз характеристик роботи нагрівача, його потужності, к.к.д. та індукції показує, що шляхом зміни конструктивних параметрів можемо досягти певних раціональних показників його роботи.

Необхідно обирати таке співвідношення діаметра і висоти індуктора, щоб виконати умови конструктивного існування нагрівача, технології виготовлення та ефективного використання матеріалів, не перевищуючи рівня індукції при максимально досяжному рівні коефіцієнта корисної дії.

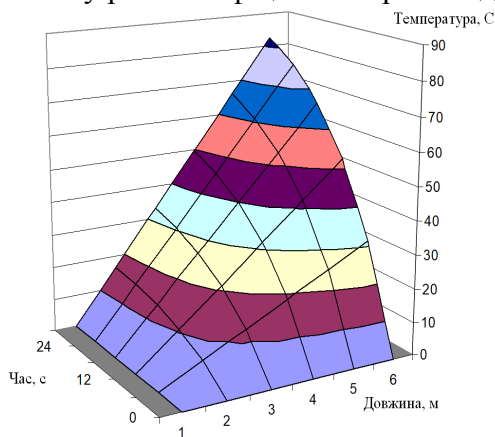


Рис. 7 Зміна температури в часі та по довжині труби теплообмінника.

На рис. 7 наведено поверхню двовимірної залежності температури теплоносія у теплообміннику індукційної опалювальної установки від зміни часу на кожному поздовжньому січенні трубки теплообмінника. Аналіз графіка рис. 7 показує, що по довжині трубки теплообмінника температура зростає лінійно, так як енергія, що передається на кожній ділянці індуктора є однаковою. Цей факт свідчить про те, що чим більша довжина труби, тим до більшої температури можна нагріти теплоносій при однаковій питомій потужності теплових джерел, що спричиняються індукційними струмами.

Перелік посилань

1. Гладь Ю.Б. Інженерна методика розрахунку індукційного нагрівача / Ю.Б. Гладь, Н.Б. Гашин, Н.Р. Крива // Матеріали XV науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". - ТНТУ, 2023, с. 229-230.
2. Крива Н. Р. Розрахунок спіралеподібного нагрівача / Надія Крива, Галина Семенишин // МММТЕС, 22-23 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 121–122.