

©Романов С.В., Литвинова О.О.

ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ МОДУЛЬНИХ ІНДУКЦІЙНИХ НАГРІВАЧІВ

1. Актуальність теми

У наш час перед всіма галузями народного господарства України поставлене завдання підвищення конкурентоздатності товарів вітчизняних виробників, зниження металоємності та енерговитрат.

Найважливішими напрямками в області розвитку машинобудування є: поліпшення якості та надійності машин, удосконалювання технології виробництва, технічне переозброєння новою технікою, що дозволила б здійснити комплексну механізацію виробничих процесів.

У машинобудуванні для нагріву деталей під складання (розбирання) широко застосовуються індукційні нагрівачі з феромагнітними сердечниками з живленням обмотки струмами промислової частоти (50 Гц).

2. Постановка проблеми

Індукційний нагрів відноситься до класу електронагріву, при якому електрична енергія перетворюється в теплову. Він забезпечує високу концентрацію енергії, високий ККД (через відсутність неповного згорання), можливість автоматизації.

У механоскладальному і ремонтному виробництвах для складання або розбирання з'єднань з натягом застосовується індукційний спосіб нагріву деталі з'єднання, що охоплює, для створення технологічного зазору. Найбільш висока швидкість нагріву, електричні і теплові характеристики досягаються за допомогою соленоїдного індуктора охоплювального типу. Істотний недолік таких нагрівачів, це їх низька універсальність – можливо нагрівати 2-3 типи

деталей. Це обумовлено тим, що збільшення проміжку між внутрішньою поверхнею індуктора і деталлю різко погіршує умови нагріву із-за послаблення магнітного поля, що діє на деталь.

Параметризація дозволяє за короткий час «програти» (за допомогою зміни параметрів або геометричних відношень) різні конструктивні схеми, уникнути принципових помилок і розробити значну кількість моделей. Це значно полегшує роботу конструкторів, прискорює процес виробництва і дає змогу отримувати кращі результати при застосуванні індукційного обладнання.

3. Індукційний нагрів та принцип модульності

Суть індукційного нагріву полягає в тому, що змінне електромагнітне поле індукує в металі електрорушійну силу, під дією якої виникає вихровий струм, і метал нагрівається відповідно до закону Джоуля-Ленца. Індукційний нагрів має наступні переваги:

- Швидкість нагріву. Висока концентрація і точна локалізація енергії при нагріві забезпечують короткий цикл, високу продуктивність, покращують показники використання устаткування і матеріалів і знижують ризик деформації при нагріві.
- Висока і однорідна якість. Індукційний нагрів дозволяє з легкістю здійснити точне автоматичне управління процесом. Він ідеально узгоджується з автоматизованим виробництвом і не вимагає спеціальної підготовки персоналу.
- Нагріваючи тільки усередині матеріалу. Безперервний нагрів робиться безпосередньо в деталі. Індукційний нагрів дозволяє уникнути складне технічне обслуговування, виміри, нагрів футерування печей і їх охолодження. В процесі нагріву не виділяється дим або інші шкідливі емісії, що забруднюють матеріали і устаткування. Усе це знижує небезпеку процесу і покращує робочі умови.
- Знижені витрати енергії. В силу самого принципу індукційного нагріву формування тепла відбувається усередині деталі і, внаслідок цього,

процес ефективніший за витратами енергії, чим інші методи, і кількість розсіяної енергії винятково низько.

Застосування індукційно-нагрівального устаткування (ІНУ), побудованого за модульним принципом дозволяє досягти більшої універсалізації. Під модульністю розуміється можливість нарощування числа індукційних котушок як для розподілу джерел теплової енергії уздовж осі деталі на одній позиції, так і зміна числа позицій нагріву (рис. 1).

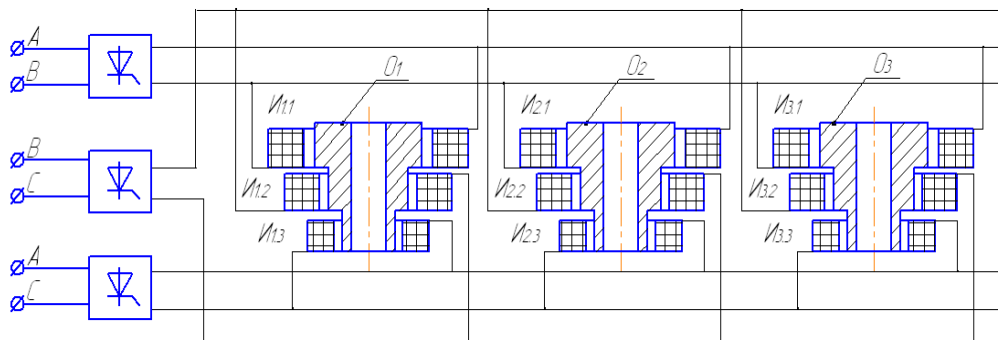


Рис. 1 – Схема модульного нагрівача

Управління процесом нагріву за допомогою такої модульної системи вимагає особливий алгоритм роботи індукційних котушок. Для забезпечення економічності нагріву необхідно щоб в кожен момент часу сумарна споживана потужність нагрівача не перевищувала б допустиму для електромережі. Крім того, необхідно забезпечити рівномірне завантаження фаз, щоб виключити вплив нагрівача на інших споживачів електроенергії.

Необхідний алгоритм функціонування забезпечує трипозиційна система управління (СУ), структурна схема якої представлена на рис. 2.

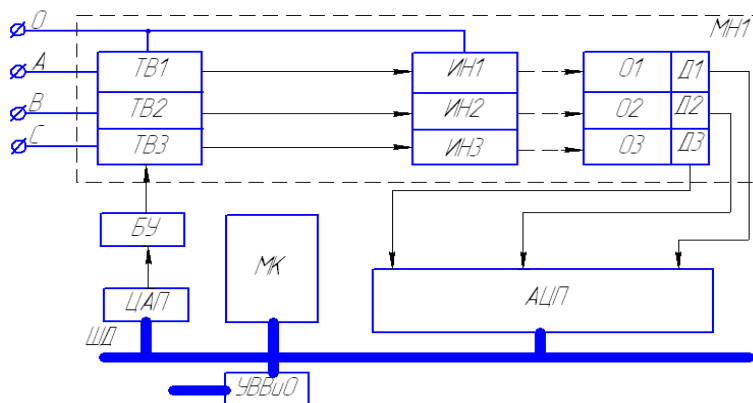


Рис. 2 – Схема СУ для модульних нагрівачів

Ця схема припускає можливість нарощування модулів нагріву МН. Тут ТВ – транзисторний генератор; ИН – індукційний нагрівач; О – об’єкт, що нагрівається; Д – датчики аналогових параметрів; АЦП – аналогово-цифрові перетворювачі; МК – мікропроцесорний контролер; УВВиО – пристрій введення-виводу і відображення інформації; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; ШД – шина даних мікроконтролера; БУ – блок управління.

4. Складності при проектуванні та конструюванні

Необхідним етапом проектування індукційних нагрівачів для складання і розбирання з’єднань з натягом є попереднє визначення розрахунковим шляхом електричних і геометричних характеристик індукційних котушок, з урахуванням конструктивних і технологічних особливостей деталей, що підлягають індукційному нагріву. Нагрівач повинен задовольняти наступним вимогам:

- забезпечувати нагрів деталі до заданої температури з необхідною швидкістю;
- не змінювати фізико-хімічні властивості матеріалу деталі;
- бути безпечним, надійним і економічним в експлуатації, зручним при обслуговуванні і ремонті.

Складність виготовлення індукційних нагрівачів полягає у високих трудовитратах, які при цьому визначають перспективність конструювання індукторів. Для виготовлення індукторів використовуються різні матеріали і складові. Залежно від призначення ІНУ, умов експлуатації і технічних і економічних вимог, вони можуть бути виготовлені з магнітною системою з нерегульованими магнітопровідниками, з магнітною системою з регульованими магнітопровідниками, без магнітопровідників.

Важливе місце займають питання оптимального проектування і в області розробки облаштувань індукційного нагріву металу. Постановка задачі оптимального проектування ІНУ і визначення методу її рішення також дуже складна. В одному випадку алгоритми, а, отже, і результати оптимізації спираються тільки на попередній досвід і не містять в строгій формі жодного

критерію оптимальності, в іншому використовується строга математична постановка завдання оптимального проектування і точний метод її рішення.

При оптимальному проектуванні передбачається наявність формалізованих критеріїв оптимізації і математичних моделей проєктованих пристроїв. Найбільш загальним критерієм оптимізації є техніко-економічний критерій ефективності усієї проєктованої системи. Узагальнений критерій у більшості випадків включає ряд окремих критеріїв, тому завдання оптимального проектування є завданням багатокритерійної оптимізації. Окремі критерії зазвичай відбивають процеси різної фізичної природи, що протікають в системі, і є несумірними. Важливо серед спеціальних критеріїв виділити найбільш суттєві.

Для вирішення задачі оптимального проектування розроблена методика оптимізації. У основу покладена процедура зондування простору параметрів проєктованої індукційної нагрівальної установки із застосуванням так званих ЛПт - послідовностей, які мають найкращі характеристики рівномірності серед усіх відомих нині рівномірно розподілених послідовностей.

Використання як регульованих параметрів, просторово-часової функції розподілу потужності джерел внутрішнього тепловиділення дозволяє підвищити ефективність роботи індукційної нагрівальної установки.

5. Параметризація конструкції соленоїдного індукційного нагрівача

Процес параметричного моделювання (параметризація) – моделювання (проєктування) з використанням параметрів елементів моделі і співвідношень між цими параметрами.

Параметричне моделювання істотно відрізняється від звичайного двомірного креслення або тривимірного моделювання. Конструктор, у разі параметричного проєктування, створює математичну модель об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації деталі, взаємні переміщення деталей у зборці і т.

Параметризація двомірних креслень зазвичай доступна в CAD-системах середнього і важкого класів. Таких як: T-FLEX CAD 2D, Solid Edge 2D, AutoCAD,

КОМПАС-Графік та ін. Тривимірне параметричне моделювання є набагато ефективнішим (але і складнішим) інструментом, ніж двовірне параметричне моделювання. У сучасних системах середнього і важкого класу наявність параметричної моделі закладена в ідеологію самих САПР. Існування параметричного опису об'єкту є базою для усього процесу проектування. Серед представників таких програм Pro/Engineer, SolidWorks, T-FLEX CAD, КОМПАС-3D та ін.

Таблична параметризація полягає в створенні таблиці параметрів типових деталей. Створення нового екземпляра деталі робиться шляхом вибору з таблиці типорозмірів. Можливості табличної параметризації дуже обмежені, оскільки завдання довільних нових значень параметрів і геометричних стосунків зазвичай неможливе.

Проте, у нашій роботі ми використовуємо саме табличну параметризацію, оскільки вона дозволяє істотно спростити і прискорити створення бібліотек стандартних і типових деталей, а також їх застосування в процесі конструкторського проектування.

Традиційне електромагнітне проектування ІНУ, призначених для нагріву деталей з метою теплового складання і розбирання, спирається на методики, що враховують електромагнітні процеси в масиві деталі, що нагрівається, і допустимі по теплових обмеженнях електромагнітні навантаження в обмотці і магнітопроводі нагрівача. Виняткова різноманітність геометричних форм і розмірів деталей, що нагріваються, відмінність умов нагріву при зборці і розбиранні, а також технологічні вимоги, пов'язані з механізацією нагріву і складально-розбірних операцій, визначають велике число вживаних конструктивних рішень. Крім того, накопичений експериментальний досвід і досвід використання нагрівачів у виробництві дозволяють, при обліку відповідної інформації, практично на кожному кроці проектування забезпечити отримання найбільш ефективних технологічних рішень.

Вибір рішень, що задовольняють технічним вимогам складально-розбірних робіт (час і температура нагріву, зручність використання пристроїв

транспортувань і захоплюючих) при мінімізації масагабаритних характеристик і витрат при експлуатації складають мету параметричного проектування нагрівача.

Висновки

Вказана різноманітність конструктивних рішень, велике число функцій цілі при оптимізації і необхідність обліку накопиченого різноманітного і суперечливого експериментального і виробничого досвіду при проектуванні, не дозволяють повністю формалізувати наявну інформацію і створити повністю автоматизований алгоритм пошуку оптимального конструктивного рішення, що спирається на відомі математичні методи оптимізації.

Представляється раціональною побудова САПР проектування ІНУ із застосуванням параметричного моделювання, орієнтованого в значній частині на діалогову участь в ухвалення тих або інших технічних рішень і що містить наступні модулі:

1) розрахунковий модуль, що дозволяє виконувати електромагнітне проектування нагрівачів різних типорозмірів, який забезпечує вибір необхідних геометричних рішень;

2) графічний модуль на базі CAD-систем середнього і важкого класів таких як: Pro/Engineer, SolidWorks, T - FLEX CAD, КОМПАС- 3D, що дозволяє отримати 3-вимірну модель і конструкторську документацію для розробленої ІНУ.

Список використаних джерел:

1. Изюмов Н. М., Линде Д. П. Основы радиотехники / Н. М. Изюмов, Д. П. Линде. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – С. 512.

2. Лозинский М. Г. Промышленное применение индукционного нагрева / М. Г. Лозинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – С. 471.

3. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов / И. П. Норенков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 430 с.

4. Разработка САПР. В 10-ти кн. / под ред. А. В. Петрова. – М. :Высш. шк., 1990.

5. Слухоцкий А. Е. Индукторы / А. Е. Слухоцкий. – Л. : Машиностроение, 1989. – С. 69.

Романов С.В., Литвинова О.О. «Застосування параметричного моделювання при проектуванні модульних індукційних нагрівачів».

У роботі розглянуто застосування модульних індукційних нагрівачів, способи їх проектування та конструювання параметричним моделюванням, а також складності, що виникають при цьому.

Ключові слова: індукційний нагрів, принцип модульності, параметризація.

Романов С.В., Литвинова Е.О. «Применение параметрического моделирования при проектировании модульных индукционных нагревателей».

В работе рассмотрено применение модульных индукционных нагревателей, способы их проектирования и конструирования параметрическим моделированием, а также сложности, возникающие при этом.

Ключевые слова: индукционный нагрев, принцип модульности, параметризация.

Romanov S.V., Litvinova E.O. «Application of parametrical modeling during module induction heaters design».

A task is in-process considered application of module induction heaters, methods of their planning and constructing by means of parametric modeling, and also complications arising up here.

Key words: induction heating, module principle, parameterization.

Стаття надійшла до редакції 29 березня 2012 р.