

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ В ТЕХНОЛОГІЯХ РЕМОНТУ

Гнатюк А.В., Чаплигін Є.О., Сабокар О.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Індукційний нагрів це фізичне явище, що базується на генерації джерела Джоуль-Ленцевої теплоти в металі об'єкта за рахунок струмів Фуко. Останні наводяться зовнішнім змінним електромагнітним полем. Індукційний нагрів застосовується у багатьох ремонтних технологіях, де необхідно виконувати швидкий локальний нагрів металевих об'єктів. За допомогою установок індукційного нагріву можна прискорювати демонтажні роботи, при виконанні ремонтних операцій. У статті наведено огляд існуючої пропозиції установок індукційного нагріву. Розкрито принцип альтернативного застосування індукційного нагріву для виконання різноманітних задач технологій ремонту. Розглянуто застосування індукційного нагріву для видалення незначних вм'ятин у металевих корпусних поверхнях, зняття лакофарбового покриття, а також полегшення демонтажу різьбових з'єднань, що піддавались значному впливу корозії. Запропонована альтернативне схемне рішення для побудови складової системи індукційного нагріву – джерела змінної напруги високої частоти, що матиме мінімальну вартість за рахунок спрощення схеми та максимального використання його ресурсу. Наведено короткий аналіз режиму роботи вузла перетворення частоти з зазначенням оптимальної умови роботи. Проведено математичне модулювання струму, що генерує запропонована установка індукційного нагріву. Приведено джерело змінної напруги для системи індукційного нагріву, що розроблено в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ.

Ключові слова: індуктор інструмент, перетворювач частоти, індукційний нагрів, ремонтні технології

Постановка проблеми. Індукційний нагрів (ІН) – відоме фізичне явище, яке часто застосовується у багатьох технологіях, де необхідно виконувати швидкий локальний нагрів металевих об'єктів до високих температур з метою їх подальшої обробки. Це явище базується на генерації джерела Джоуль-Ленцевої теплоти в металі об'єкта за рахунок струмів Фуко, які індукуються зовнішнім змінним електромагнітним полем. За фізичною суттю, такий нагрів не стаціонарний у часі, а максимальні температури нагріву залежать не від джерела сторонньої енергії, а від якісних показників акумуляції тепла, що генерується. Починаючи з 1930 р. у промисловості почали застосовувати індукційний нагрів для плавки металів у великих об'ємах. Окрім індукційної плавки металів, так названий наскрізний нагрів, починаючи з 1947 р. широко застосовується поверхневий нагрів для виконання поверхневого гартування та відпуску металевих об'єктів [1, 2]. Тогочасну пріоритетність даного напрямку розвитку зазначених технологій, підтверджує велика кількість наукових праць, таких як серія «Бібліотека високочастотника – термиста» з авторами Богдановим В.Н. і Рискіним С.Є., в яких достатньо докладно наведені результати аналітичних розрахунків та експериментально отриманих опитних даних, необхідних для технічної реалізації установок індукційного нагріву та організації самого процесу нагріву.

Аналіз основних досягнень та публікацій. На цей час фірмами: ООО «Элисит», «Металлкрафт», «Nordex» та ін. виконується виробництво та поставка потужних установок індукційного нагріву у промислових масштабах. Докладний опис принципу роботи таких установок та їх технічної суті, вказані в періодиці [3–4], де описується принцип синтезу силових модулів, критерії та алгоритми вибору оптимальних параметрів елементної бази.

Швидка та своєчасна модернізація будь-яких технологічних процесів, слугує запорукою успішного розвитку й утримання на ринку тієї чи іншої галузі виробництва або сервісу. Альтернативним, є використання вище описаного явища при виконанні технічного обслуговування та ремонту, наприклад, автотранспортних засобів. За допомогою установок індукційного нагріву можна прискорювати демонтажні роботи, такі як розігрів болтових з'єднань, складних клеєних частин, зняття лакофарбового покриття.

Окрім іншого, реалізація локального сильнострумowego нагріву кузовних поверхні автомобіля, дає можливість виконувати усунення вм'ятин, не обумовлених остаточною деформацією металу, шляхом ослаблення внутрішніх напружень в металі. Ідея використовувати попередній індукційний нагрів у технологіях магнітно-імпульсної обробки металів була запропонована ще в 1984 р. [5]. Авторами пропозиції була розроблена і створена система, яка ініціює протікання струму в обмотці робочого інструмента до моменту силового впливу. Попередній індукційний нагрів дозволяв істотно підвищити ефективність магнітно-імпульсного деформування в цілому.

Мета роботи. Проведення аналізу альтернативного застосування ІН. Розробка альтернативного схемного рішення для побудови складової системи індукційного нагріву – джерела змінної напруги високої частоти, що матиме мінімальну вартість за рахунок спрощення схеми і максимального використання його ресурсу.

Індукційний нагрів. У технологіях ремонту, застосування ІН дозволяє підвищити якість рішення широкого кола задач, а саме: демонтаж різьбових з'єднань; знаття лакофарбового покриття; виконання поверхневого, зовнішнього рихтування елементів кузовних панелей автомобіля (корпусу літака або корабля).

До проблеми виконання демонтажу різьбових з'єднань, можна віднести її неможливість у разі значної корозії різьбових контактних шарів. У більшості випадках, таке з'єднання зрізується або розігрівається зовнішнім відкритим джерелом тепла (паяльна лампа або фен), а потім відкручується. У свою чергу, використання таких допоміжних пристроїв небезпечно для самого робітника та загалом неприпустимо за правилами техніки безпеки. Альтернативна технологічна операція полягає в наступному: робітник підносить спеціально виконаний інструмент – індуктор до області нагріву та вмикає установку на нетривалий час, після чого виконує демонтаж. Фізика процесу полягає в тому, що ІН є нерівномірний у зоні дії полів індуктора, тому лінійне теплове розширення металу також є нерівномірним. За рахунок цього відбувається механічне і теплове руйнування корозійного шару, що полегшує його демонтаж. Застосування ІН в цій ситуації нівелює чинник безпеки та підвищує ефективність робіт за рахунок наступних переваг:

- відсутність відкритого джерела тепла;
- безпечні температури нагріву самого інструмента – індуктора;
- можливість на апаратному рівні контролювати швидкість та інтенсивність нагріву.

Ще одним з можливих застосувань ІН є знаття лакофарбового покриття. Стандартний метод полягає в пошаровому механічному зніманні покриття із використанням спеціальних шліфувальних машин. Значною вадою такого способу, як відомо, є велика кількість дрібного шкідливого пилу, що викликає ураження дихальних шляхів робітника, а сам процес є довготривалим і вимагає певних фізичних зусиль робітника, особливо у випадках, коли поверхня, що зачищається не є плоскою. Використання ІН, у цьому випадку, підвищує безпечність, швидкість і простоту виконання робіт. Інструментом – індуктором спеціальної форми виконується незначний рівномірний поверхневий нагрів металу, що призводить до послаблення клейких утримуючих властивостей шару між покриттям і власне металом, і робітник, без особливих зусиль знімає шар фарби шпателем або іншим ручним засобом. У такий спосіб не завдається ушкоджень поверхні металу, а безпечність технології не вимагає високої кваліфікації робітника.

Найбільш цікавим, залишається альтернативне застосування ІН в технологіях поверхневого рихтування неглибоких вм'ятин у металевому корпусі. На рис. 1. докладно пояснена суть цього методу.

У випадку якщо викривлення поверхні 3 рис. 1 не обумовлено остаточною деформацією металу, то можливо видалити дефект без пошкодження поверхневого лакофарбового шару 5 рис. 1. Інструмент – індуктор 1 розміщується в області деформації і виконує нагрів. За рахунок послаблення наявних напруженостей в металі, які, власне,

і утворюють викривлення, відбувається усадка металу в області 2 рис. 1. Таким чином, зберігається цілісність поверхневого захисного шару та виключається необхідність у класичному видаленні вм'ятини за допомогою спотерів або інших механічних важільних конструкцій.

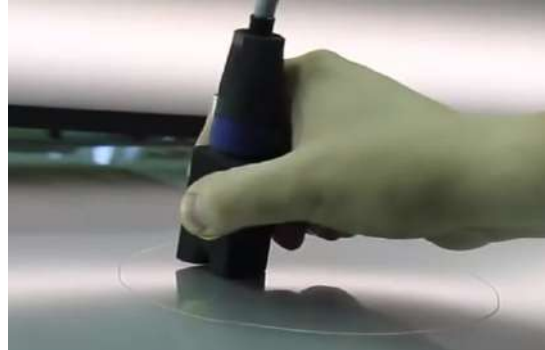
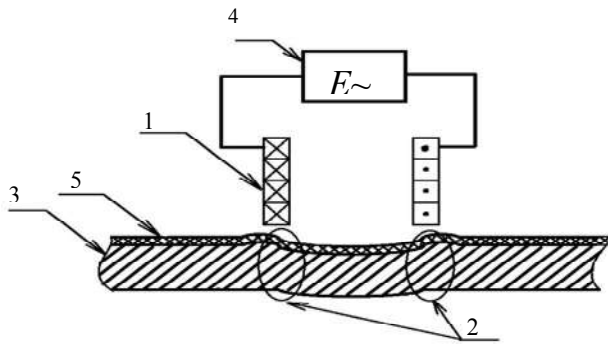


Рисунок 1 – Видалення вм'ятин (ліворуч – схема методу, праворуч – фізична реалізація)

Джерело змінної напруги. У системі ІН виділяють дві складові які суттєво впливають на якість роботи. Ними є індуктор – інструмент і власне джерело змінної напруги. Не акцентуючи увагу на інструментах, слід лише зазначити, що результатом досліджень у цьому напрямку є отримання найбільш оптимальних конструкцій індукторів за для забезпечення максимального коефіцієнту передачі енергії.

Не менш значущим є дослідження в області вибору структурного рішення джерела напруги, суттєвими показниками якого є потужність, ККД і звичайно вартість. На сучасному етапі розвитку елементної бази в електроніці, вже не стоїть питання, як саме зробити джерело змінної напруги високої частоти, а як спроектувати систему, щоб її ресурси використовувались з максимальною вигодою. Тим самим зменшуючи її вартість і підвищуючи її доступність і конкурентоздатність.

Сьогоднішній ринок можна вважати достатньо наповненим пропозиціями різноманітних джерел напруги. Однак розглядаючи наявну пропозицію (виробники вказані в огляді), можна сказати, що системи ІН для промислових цілей відрізняються високою потужністю, від 10 кВт, складністю виконання системи і звичайно високою вартістю.

Із метою зниження собівартості системи ІН для ремонтних технологій, авторами була запропонована структурна схема джерела змінної напруги високої частоти рис. 2, робота якої відповідає вимогам ефективного ІН, а саме невеликі габаритні показники, зменшена потужність до 2–4 кВт, та адаптованість у застосування для ремонтних технологій.

Відповідно до рис. 2. джерело змінної напруги повинно мати:

- два гальванічно розв'язаних джерела живлення для системи керування (СК) і блока драйверів силових ключів;
- основний регульований блок живлення силового кола;
- блок забезпечення гальванічних розв'язок кіл керування та високострумових ліній;
- блок вводу/виводу основних параметрів та цифрова системи керування;
- за необхідності, блок балансування струмів;
- блок резонансного контуру.

Набір перелічених вузлів є мінімально необхідний і задовольняє оптимальні вихідні показники системи ІН.

Розглянемо роботу деяких із вузлів системи на рис. 2.

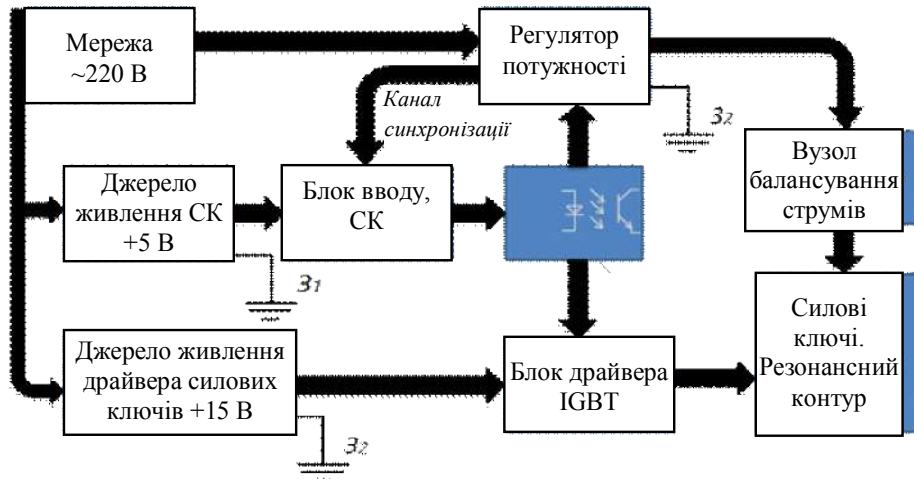


Рисунок 2 – Структурна схема джерела змінної напруги

Резонансний контур, окремо зображений на рис. 3, формується із індуктора – інструмента, який підключається до установки ззовні. У поєднанні з паралельно підключеною ємністю і транзистором VT1 власне утворює коло перетворювача частоти. При чому, за для полегшення умов комутації транзистора, частота його роботи обирається відповідною до власної частоти коливань LC контуру.

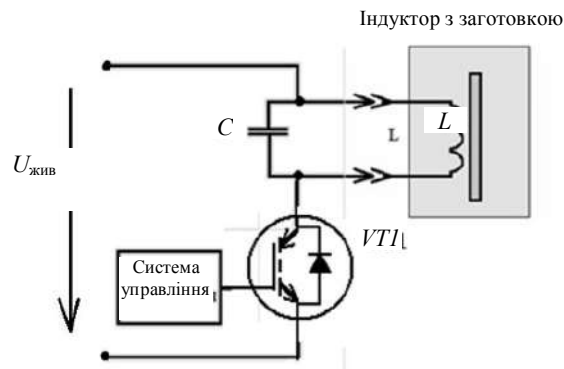


Рисунок 3 – Резонансний контур

Причини вибору такого режиму роботи комутуючого вузла розглянемо на прикладі математичного моделювання кола перетворювача частоти. Не вдаючись глибоко у математичний апарат наведемо лише основні етапи моделювання.

Згідно з рис. 3 приймаємо схему електричну на рис. 4, що підлягає розрахунку.

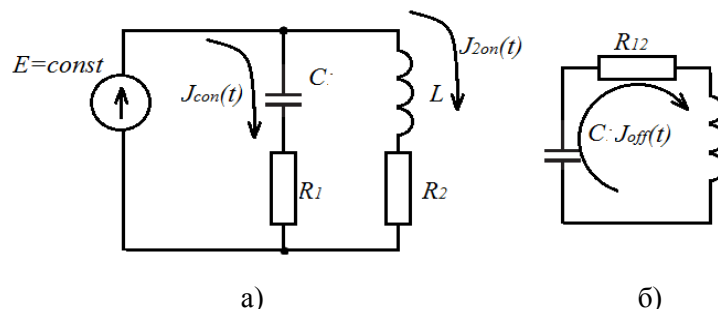


Рисунок 4 – Розрахункова модель: а) 1-й режим комутації; б) 2-й режим комутації

Виходячи з того, що два стани ключа VT1 можна прийняти за такі як, абсолютно відкритий з нульовим опором та закритий з опором еквівалентним діелектрику, розрахунки виконані для двох схем. Для першого режиму, коли ключ відкритий і враховується джерело напруги E процеси описуються диференціальним рівнянням із

спеціальною правою частиною. Для другого режиму ключ закритий, із кола виключається вплив джерела напруги та в системі присутні лише власні коливальні аперіодичні процеси.

Рівняння стану системи для першого режиму роботи (1), (2) з відповідними початковими умовами (3), (4).

$$\begin{cases} R_1 C \frac{du_{con}}{dt} + u_{con} = E; & (1) \\ L \frac{di_{2on}}{dt} + R_2 i_{2on} = E, & (2) \end{cases}$$

де: u_{con} – напруга на ємності, i_{2on} – струм індуктора.

$$\begin{cases} u_{conN}(t=0) = u_{coffN-1}(t=t_{off}); & (3) \\ i_{2onN}(t=0) = i_{2onN-1}(t=t_{off}). & (4) \end{cases}$$

Як видно, початкові умови містять у собі значення функції попереднього режиму на момент комутації. Тому, усі невідомі, безперервні у часі функції, будуть мати вигляд суми окремих функцій які існують на виділених періодах часу. Пропускаючи класичне розв'язання даних рівнянь, запишемо функцію струму ключа VT1, для N -го комутуючого стану.

$$i_{\Sigma N}(t) = i_{2onN-1}(t=t_{off}) e^{-\frac{t}{\tau_L}} + \frac{E}{R_2} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}) + \frac{E}{R_1} e^{-\frac{t}{\tau_C}} - \frac{u_{coffN-1}(t=t_{off}) e^{-\frac{t}{\tau_C}}}{R_1}. \quad (5)$$

Аналізуючи формулу (5), для побудови функції необхідно виконати розрахунок режиму роботи відповідного до схеми на рис.4б. Для цього розв'яжемо рівняння стану (6) з початковими умовами (7), (8).

$$\frac{d^2 u_{coffN}}{dt^2} + 2\beta \frac{du_{coffN}}{dt} + \omega_0^2 u_{coffN} = 0, \quad (6)$$

де $\beta = \frac{R_{12}}{2L}$ – декримент затухання; $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ – резонансна частота контуру.

$$u_{coffN}(t=0) = u_{conN}(t=t_{on}); \quad (7)$$

$$i_{2offN}(t=0) = i_{2onN}(t=t_{on}). \quad (8)$$

Не зважаючи на три можливі варіанти розв'язку диференційного рівняння, беремо найбільш характерний, для такого роду перетворювачів частоти, а саме, коли дотримується умова коливального режиму $R_{12} < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$.

У цьому випадку отримано наступне рішення рівняння:

$$\begin{aligned} i_{2offN}(t) = & -\beta C e^{-\beta t} \left(u_{conN}(t=t_{on}) \cos(\omega t) + \frac{i_{2onN}(t=t_{on}) + C\beta u_{conN}(t=t_{on})}{C\omega} \sin(\omega t) \right) + \\ & + \omega C e^{-\beta t} \left(\frac{i_{2onN}(t=t_{on}) + C\beta u_{conN}(t=t_{on})}{C\omega} \cos(\omega t) + U_{conN}(t=t_{on}) \sin(\omega t) \right), \end{aligned} \quad (9)$$

де $\omega = \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}$ – власна частота.

Для підтвердження правильності обраних оптимальних умов роботи системи на частоті рівній власній LC - контуру, наведемо результати моделювання. Так на рис. 5–7 зображено часові форми струму індуктора – а) і струму ключа – б), для частоти, що дорівнює власній, та при її відхиленні на $\pm 20\%$.

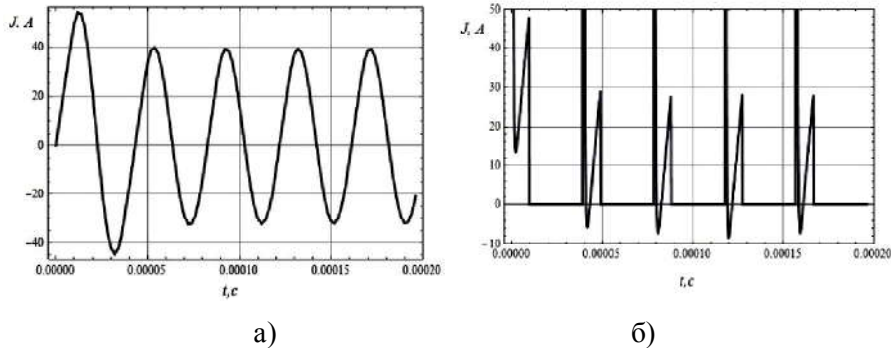


Рисунок 5 – Струми за резонансної частоти: а) струм індуктора; б) струм ключа

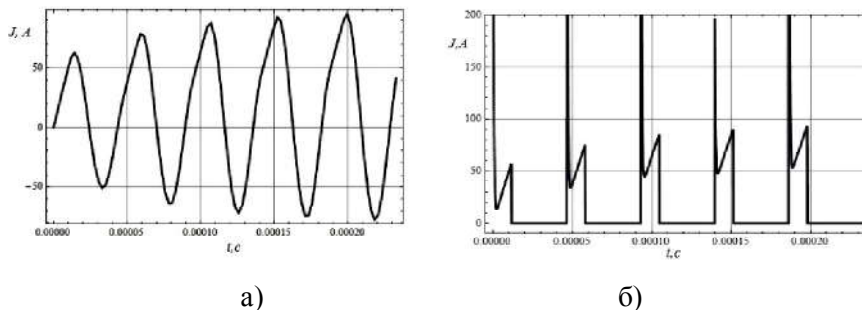


Рисунок 6 – Струми при відхиленні частоти на -20 % від резонансної частоти: а) струм індуктора; б) струм ключа

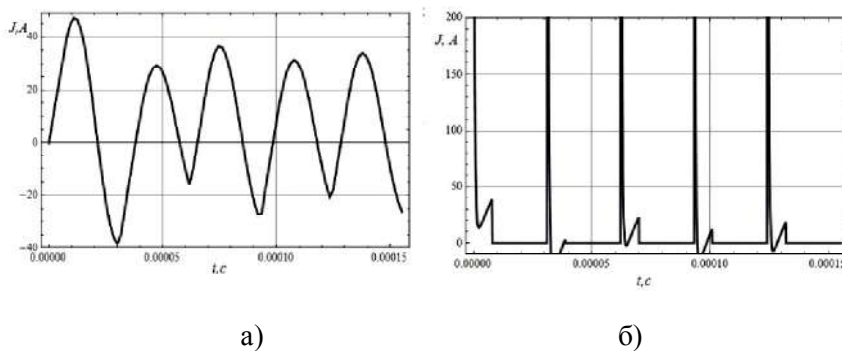


Рисунок 7 – Струми при відхиленні частоти на +20% від резонансної частоти: а) струм індуктора; б) струм ключа

Аналізуючи отримані графічні залежності, можна зазначити, що відхилення від резонансу призводить до викривлення синусоїдальної форми струму індуктора та збільшує навантаження на ключ в момент комутації, через підвищення амплітуди струму.

Звичайно, за загальним розумінням, проблема, яка підіймається вище може бути вирішена за рахунок встановлення транзистора завідомо більшої потужності ніж необхідно. Однак, у сучасних умовах конкуренції ринку, такий підхід є необґрунтованим і не вигідним. Саме тому, оптимальність обраних параметрів роботи системи індукційного нагріву є ключовим, так як в основі має отримання економічної вигоди від розробки, виготовлення і впровадження даного пристрою.

Із точки зору розробки, описана схемна реалізація не потребує складних додаткових електронних вузлів окрім драйвера транзистора. Ще один позитивний ефект від такого рішення, це наявність режиму холостого ходу. У випадку, коли система запущена без навантаження, тобто генерується струм в індукторі, але сам індуктор не

виконує нагрів, потужність, що споживається із мережі мінімальна та за належного вибору резонансної частоти, може бути на рівні живлення інших не силових вузлів.

Блок регулятора потужності (рис. 2.) або основний регульований блок живлення силового кола забезпечує необхідний рівень вихідної потужності яка споживається резонансним колом і виділяється в об'єкті у вигляді тепла. Він може мати різні схемотехнічні реалізації, як фазний регулятор так і височастотний ВУСК-конвертор, що понижує. Основною його відмінністю є синхронізованість роботи з блоком системи курування, і можливість реалізації ним функції задатчика інтенсивності, результат роботи якого зображено на рис. 8.

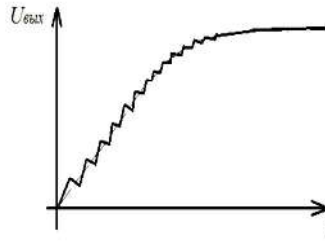


Рисунок 8 – Вихідна функція задатчика інтенсивності

Як відомо із практики, критичними режимами роботи силових схем можуть бути режими максимального вихідного навантаження або перехідні режим роботи (для запропонованої схеми момент перших комутацій транзистора), коли можлива поява короткочасних ударних струмів високої амплітуди, які виводять із ладу напівпровідникові елементи. Боротьба з останніми може полягати у встановленні більш потужних напівпровідників, що значно здорожує систему, проектуванні складних схемотехнічних рішень які б не шкодили якості роботи системи або, за можливості, нівелювати проблему програмних рішень. У нашому випадку, коли блок живлення синхронізовано із цифровим блоком керування, слушним рішенням буде програмування функції задатчика інтенсивності регулятора напруги. Як видно з рис. 8. таким способом можна досягти швидкого, але поступового виходу системи ІН на заданий рівень потужності виключаючи появу негативних імпульсних перехідних процесів.

На рис. 9 приведено зовнішній вид джерела змінної напруги для системи індукційного нагріву, що побудований за вище описаними принципами в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ [8].



Рисунок 9 – Зовнішній вид джерела змінної напруги

Проведені дослідження дозволяють сформулювати наступні **висновки**:

1. Розглянуто традиційне застосування індукційного нагріву.
2. Запропонована та докладно описана область альтернативного застосування систем індукційного нагріву в технологіях ремонту, таких як демонтаж різьбових з'єднань, знаття лакофарбового покриття, а також видалення неглибоких вм'ятин у металевих корпусних поверхнях.

3. Наведено огляд існуючої пропозиції установок індукційного нагріву.
4. Запропонована альтернативне схемне рішення для побудови складової системи індукційного нагріву – джерела змінної напруги високої частоти, що матиме мінімальну вартість за рахунок спрощення схеми і максимального використання його ресурсу.
5. Наведено короткий аналіз режиму роботи вузла перетворення частоти із зазначенням оптимальної умови роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слухоцкий А. Е. Установки индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий – Л. : Ленинградское издание. Энергоиздат, 1981. – 330 с.
2. Богданов В. Н. Применение индукционного сквозного нагрева в промышленности / В. Н. Богданов, С. Е. Рыскин. – М.-Л. : Изд. «Машиностроение», 1965. – 96 с.
3. Вилиулина З. Проектирование тиристорного инверторно-индукторного закалочного комплекса с выходным трансформатором / З. Вилиулина, Ю. Зинин // Силовая Электроника. – 2007. – № 3. – С. 86-92.
4. Силкин Е. Преобразователь для индукционного нагрева концов заготовок под пластическую деформацию и объемно-поверхностной закалки шлицевых валов / Е. Силкин // Силовая Электроника. – 2008. – № 3. – С. 126-130.
5. Белый И. В. Деформирование металлов импульсным электромагнитным полем с предварительным индукционным нагревом заготовок / И. В. Белый, Л. Д. Горкин, Л. Т. Хименко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1984. – № 7. – С. 6-8.
6. Батыгин Ю. В. Магнитно-импульсная обработка тонкостенных металлов / Ю. В. Батыгин, В. И. Лавинский. – Х. : МОСТ-Торнадо, 2002. – Т. 2. – 288 с.
7. Induction innovations inc. MINI-DUCTORII [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: <http://www.theinductor.com>.
8. Лаборатория электромагнитных технологий [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: www.electromagnetic.comoj.com.

REFERENCES

1. Slukhockiyj A. E. Ustanovki indukcionnogo nagreva / A. E. Slukhockiyj – L. : Leningradskoe izdanie. Ehnergoizdat, 1981. – 330 s.
2. Bogdanov V. N. Primenenie indukcionnogo skvoznogo nagreva v promihshlennosti / V. N. Bogdanov, S. E. Rihskin. – M.-L. : Izd. «Mashinostroenie», 1965. – 96 s.
3. Viliulina Z. Proektirovanie tiristorного инверторно-индукторного комплекса с vikhodnim transformatorom / Z. Viliulina, Yu. Zinin // Silovaya Ehlektronika. – 2007. – № 3. – S. 86-92.
4. Silkin E. Preobrazovatelj dlya indukcionnogo nagreva koncov zagotovok pod plasticheskuyu deformaciyu i objhemno-poverkhnostnoy zakalki shlicevihkh valov / E. Silkin // Silovaya Ehlektronika. – 2008. – № 3. – S. 126-130.
5. Belihyj I. V. Deformirovanie metallov impuljsnim ehlektromagnitnim polem s predvariteljnim indukcionnim nagrevom zagotovok / I. V. Belihyj, L. D. Gorkin, L. T. Khimenko // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1984. – № 7. – S. 6-8.
6. Batihgin Yu. V. Magnitno-impuljsnaya obrabotka tonkostennihkh metallov / Yu. V. Batihgin, V. I. Lavinskiyj. – Kh. : MOST-Tornado, 2002. – Т. 2. – 288 s. Induction innovations inc. MINI-DUCTORII [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: <http://www.theinductor.com>.
7. Laboratoriya ehlektromagnitnihkh tekhnologiyj [Ehlektronnihyj resurs] – 2015. – Rezhim dostupa: www.electromagnetic.comoj.com.

Гнатов А.В., Чаплыгин Е.А., Сабокарь О.С. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА В ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА

Индукционный нагрев это физическое явление, основанное на генерации источника Джоуль-Ленцевой теплоты в металле объекта за счет токов Фуко. Последнее приводятся внешним переменным электромагнитным полем. Индукционный нагрев применяется во многих ремонтных технологиях, где необходимо выполнять быстрый локальный нагрев металлических объектов. С помощью установки индукционного нагрева можно ускорять демонтажные работы, при выполнении ремонтных операций. В статье приведен обзор существующего предложения установок индукционного нагрева. Раскрыто принцип альтернативного применения индукционного нагрева для выполнения различных задач технологий ремонта. Рассмотрено применение индукционного нагрева для удаления незначительных вмятин в металлических корпусных поверхностях, снятие лакокрасочного покрытия, а также облегчения демонтажа резьбовых соединений, которые подвергались значительному влиянию коррозии. Предложено альтернативное схемное решение для построения системы индукционного нагрева – источника переменного напряжения высокой частоты, который будет иметь минимальную стоимость за счет упрощения схемы и максимального использования его ресурса. Приведен краткий анализ режима работы узла преобразования частоты с указанием оптимальных условий работы. Проведено математическое моделирование тока, генерируемого предложенной установкой индукционного нагрева. Приведен источник переменного напряжения для системы индукционного нагрева, разработанный в Лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ.

Ключевые слова: индуктор-инструмент, преобразователь частоты, индукционный нагрев, ремонтные технологии.

Gnatov A.V., Chaplugin E.O., Sabokar O.S. INDUCTION HEATING TECHNIQUE DECISION FOR REPAIR TECHNOLOGIES

Induction heating is a physique process based on Joule–Lenz heat sours generation in the objects metal by the Fuko currents. These currents are inducted by external alternative electromagnetic field. Induction heating is applied in different repair technologies, where there is necessary to make quick and local heating of the metal objects. Through the induction heating power sours, it is possible to speed up dismantling operations at repair algorithms. In this article, existing induction heating plants were observed. The principle of the alternative induction heating using for various repairing technologies realization was explained. Induction heating using for insignificant dents in the metal corps surface straightening, lacquer and paints cover lays removing and threaded connections, that were effected by corrosion, dismantling were observed. The scheme decision for induction heating system high frequency sours production, with its minimal cost value by maximization resource using and installing main electric part, that had been simplified, was proposed. Brief working models analysis of the frequency inverting unit with following optimal working conditions determining was shown. In addition, there was made mathematical modeling of the generated current of the proposed induction heating plant. The high frequency source for induction heater that had been developed at the Electromagnetic technology laboratory of KhNAHU was shown.

Keywords: inductor-tools, frequency inverter, induction heating, repair technology.

© Гнатов А. В., Чаплигин Е. О., Сабокар О. С.

Статтю прийнято
до редакції 05.07.15