

А.В. ГНАТОВ, канд. техн. наук, доц., докторант, ХНАДУ, Харків
І.С. ТРУНОВА, аспірант, ХНАДУ, Харків
О.О. ЛЮБАРЕЦЬ, студент, ХНАДУ, Харків

СУМІЩЕНІ ПОГОДЖУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ДИСКОВОГО ТИПУ, ЯК ІНСТРУМЕНТИ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РИХТУВАННЯ

Проведено аналіз основних особливостей суміщених погоджувальних пристроїв дискового типу, як інструментів магнітно-імпульсної технології рихтування тонкостінних металів. Представлені авторські розробки суміщених погоджувальних пристроїв – імпульсних трансформаторів струму для технології безконтактного рихтування феромагнітних металів.

Ключові слова: магнітно-імпульсна обробка металів, погоджувальний пристрій, магнітно-імпульсна установка, безконтактне рихтування, імпульсний трансформатор струму.

Вступ. На цей час все більшої актуальності набувають різні технічні розробки (інструменти, системи та комплекси), призначені для ремонту і відновлення заданих ділянок корпусів літаків і кузовних панелей наземних транспортних засобів, зокрема автомобілів [1, 2]. Особливе місце в даних системах займають інструменти, за допомогою яких проводиться безконтактна рихтування пошкоджених металевих поверхонь кузовів. До останніх можна віднести різного виду і конструкцій погоджувальні пристрої (ПП) [3].

ПП являє собою імпульсний трансформатор струму, призначення якого полягає в збільшенні амплітуди сигналу і варіюванні його часових параметрів [3, 4]. Вони необхідні для узгодження джерела потужності – магнітно-імпульсної установки з інструментом обробки – індукторною системою, що, суттєво підвищує ефективність виконання заданої технологічної операції [5].

Мета статті – аналіз основних особливостей суміщених погоджувальних пристроїв дискового типу, як інструментів магнітно-імпульсної технології рихтування тонкостінних металів.

Погоджувальні пристрої дискового типу. ПП в практиці МІОМ (по конструктивному виконанню) можна розділити на два типи – дискові і циліндричні [3-7].

Вторинний контур дискових ПП є масивним одновитковим соленоїдом, виконаним як провідний диск з крізним радіальним розрізом від центру до периферії. Первинна обмотка – це плоска багатовиткова котушка, розміщена на площині диска.

Вторинний контур циліндрових ПП представлений масивним витком у вигляді довгастого порожнистого циліндра з подовжнім крізним розрізом по всій довжині твірної. Первинна обмотка – багатовиткова котушка, яка розміщується на бічній поверхні циліндра.

На відміну від звичайного трансформатора із строго фіксованими шляхами протікання індукваного струму, вторинна обмотка у вигляді провідної площини, або оболонки дозволяє індукваному струму "вибрати" контур протікання. Фізично, даний "вибір" визначається принципом найменшої дії Лагранжа або принципом найменших енергетичних витрат. Іншими словами, індукований струм "вибирає" для свого протікання замкнутий шлях з мінімально можливим еквівалентним електричним опором. Якщо замкнутість порушується спеціальним крізним розрізом, до країв якого підключається навантаження, то схема заміщення контуру протікання індукваного струму складатиметься з двох послідовно сполучених ділянок (рис. 1). Перший – це шлях поза розрізу, другий – це шлях "в обхід розрізу" або "через розріз". Останній, у свою чергу, умовно можна представити двома паралельними гілками: еквівалентний опір шляху "в обхід розрізу" або "через розріз" і власне опір навантаження. Залежно від їх співвідношення в навантаженні протікатиме більший або менший струм. Якщо таке відсутнє взагалі, контур може замкнутися, наприклад, через ємнісний опір розрізу (можуть бути і інші шляхи для замикання). Але індукований струм все ж таки існуватиме.

Практична значущість представленої картини відмінних особливостей протікання індукваних струмів в металі вторинних витків погоджувальних пристроїв полягає в тому, що вона дозволяє підійти до формулювання рекомендацій по збільшенню їх ефективності, як перетворювачів енергії джерела потужності в енергію власне інструменту безконтактного рихтування.

Загальною, незалежно від конструкції ПП, є рекомендація: навантаження його вторинного контуру повинно мати еквівалентний електричний опір, набагато менший, ніж опір умовної паралельної гілки. В цьому випадку забезпечується максимально можлива величина струму в індукторі – інструменті магнітно-імпульсного рихтування максимум силової дії об'єкт обробки (панелі кузовних елементів автомобіля).

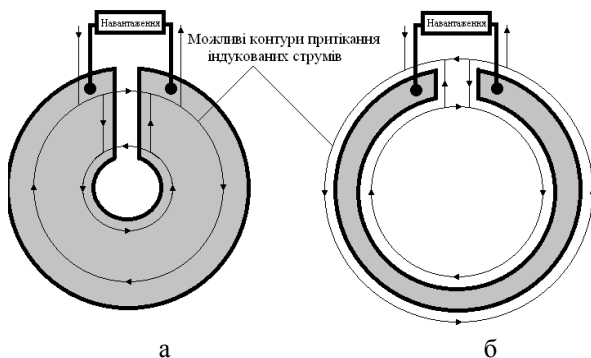


Рис. 1 – Ілюстрація можливих шляхів протікання струмів, індукованих в металі вторинного витка погоджувального пристрою:
 а – "дискового типу" (диск з радіальним розрізом, вигляд зверху);
 б – циліндричного типу.

Суміщені погоджувальні пристрої дискового типу. Основна відмінність даного суміщеного ПП дискового типу від звичайного полягає в тому, що його вторинна обмотка (диск вторинної обмотки) суміщена з індукторною системою – інструментом безконтактного рихтування. Тобто, індукторна система і вторинна обмотка виконуються в одному корпусі.

Один з прикладів даного ПП представлений на рис. 2. Це ПП розроблено в лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ і захищено патентом [8].

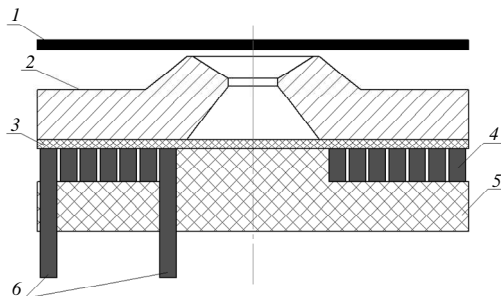


Рис. 2. Конструктивна схема суміщеного ПП дискового типу: 1 – тонкостінний феромагнітний лист панелі кузова автомобіля, 2 – вторинна обмотка – індуктор-інструмент з внутрішнім отвором у формі усіченого конуса 3 – діелектрична прокладка, 4 – витки плоскої спіралі первинної обмотки ПП, 5 – діелектрична основа, 6 – електричні виводи первинної обмотки ПП.

В представленій схемній реалізації ПП дискового типу, рис. 2, його вторинна обмотка суміщена з індуктором з внутрішнім отвором у формі усіченого конуса. Даний інструмент магнітно-імпульсної технології рихтування представляється достатньо ефективним при реставрації тонкостінних феромагнітних панелей кузова автомобіля в низькочастотному режимі діючих полів.

Принцип дії суміщеного ПП дискового типу. Електричні виводи первинної обмотки суміщеного ПП 6, яка намотана у вигляді спіралі на діелектричну основу 5, приєднуються до джерела потужності – магнітно-імпульсної установки. При протіканні струму по спіральній первинній обмотці 6, навколо неї утворюється магнітне поле, яке через діелектричну прокладку 3, ізолюючу первинну обмотку ПП від вторинної, збуджує в індукторі-інструменті з внутрішнім отвором у формі усіченого конуса 2 (вторинна обмотка ПП) електричний струм. При протіканні струму індуктор створює могутнє магнітне поле, яке збуджує в металі панелі кузова автомобіля 1 інтенсивні нормальну і тангенціальну компоненти напруженості магнітного поля. Взаємодія магнітного поля індуктора із збудженими компонентами вектора напруженості магнітного поля в металі тонкостінної панелі, за умови низьких частот діючих полів і наявності магнітних властивостей металу, призводить до появи магнітної сили, яка напрямлена до геометричного центру індуктора і створює згинаючий механічний момент, в еквіваленті дає ефект притягання. Позитивний напрям сили за рахунок намагнічення металу пластини визначається також знаком різниці квадратів складових напруженості на її границях. Нарешті, ця сила напрямлена у бік більшого значення модуля вектора напруженості магнітного поля. Індуктор-інструмент з внутрішнім отвором у формі усіченого конуса 2 є джерелом магнітного поля, природно, що модуль вектора напруженості магнітного поля буде тим більше, чим ближче дана область індуктора. Тобто, сила, що діє на заголівку, буде напрямлена до індуктора.

На базі конструкції, представленій на рис. 2 була розроблена конструктивна схема ще одного суміщеного ПП дискового типу, рис. 3 [9, 10].

Відмінною особливістю ПП, представленого на рис. 3, від описаного раніше (рис. 2) полягає в наступному. Взаємодія магнітного поля індуктора-інструменту 2 з магнітним полем первинної обмотки 5 призводить до збудження сил відштовхування між індуктором 2 і обмоткою 5. Для компенсації відштовхування на діелектричну основу 6 тисне демпферна конструкція 7, яка притискається діелектричною підкладкою через болтове з'єднання з діелектричною кришкою 4.

Використання ПП з демпферним пристроєм дозволяє більш ефективно проводити рихтування феромагнетиків без зменшення електромагнітного зв'язку між первинною і вторинною обмотками ПП завдяки наявності демпферної конструкції, що притискує первинну обмотку до вторинної. Використання запропонованого рішення розширює функціональні можливості інструментів магнітно-імпульсної технології рихтування автомобільних кузовів.

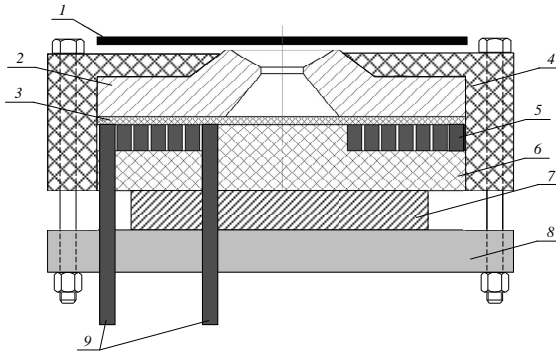


Рис. 3 – Конструктивна схема суміщеного ПП дискового типу з демпферним пристроєм: 1 – феромагнітна заготівка, 2 – індуктор-інструмент з внутрішнім отвором у формі усеченого конуса, 3 – діелектрична прокладка, 4 – діелектрична кришка, 5 – витки плоскої спіралі первинної обмотки ПП, 6 – діелектрична основа, 7 – демпферна конструкція, 8 – діелектрична підкладка, 9 – електричні виводи первинної обмотки ПП.

Висновки:

1. Запропоновані системи, що конструктивно суміщають погоджувальні пристрої (перетворювачі імпульсних струмів) і виконавчий орган (одновитковий індуктор) для інструментів магнітно-імпульсної технології рихтування автомобільних кузовів. Це дозволяє істотно підвищити рівень передачі енергії від джерела потужності в робочу зону інструменту.

2. По суміщених погоджувальних пристроях дискового типу слід зазначити, що:

- дані конструкції погоджувальних пристроїв є достатньо ефективними інструментами в практиці магнітно-імпульсного притягання листових металів;
- встановлено, що застосування спеціального демпферного пристрою в даному типі погоджувальних пристроїв призводить до збіль-

шення електродинамічного зв'язку між первинною і вторинною обмотками, а, отже, до збільшення ефективності погоджувального пристрою як інструменту магнітно-імпульсного рихтування.

Список літератури: 1. Безконтактне магнітно-імпульсне рихтування автомобільних кузовів: Міжнародна науково-технічна конференція ["Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій"], (Тернопіль 19-21 травня 2010 р.) / *А.В. Гнатів*. – Тернопіль: Вісник ТДТУ, 2010. – Т. 15. – № 2. – С. 164-171. 2. *Гнатів А.В.* Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Магнитно-импульсные технологии бесконтактной рихтовки кузовных элементов автомобиля: монография / *А.В. Гнатів, Ю.В. Батыгин, Е.А. Чаплыгин*. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 242 с. 3. Анализ электродинамических процессов в согласующем устройстве "дискового" типа: VIII Українсько – Польської конференції молодих науковців ["Механіка та інформатика"], (12-14 травня 2011 р.) Тези наукових праць. / *Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатів, І.С. Трунова*. – Хмельницький: Хмельницький національний університет, 2011. – С. 19-21. 4. *Туренко А.Н.* Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями: монография / *А.Н. Туренко, Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатів*. – Харьков: ХНАДУ, 2009 – 240 с. 5. *Батыгин Ю.В.* Согласующее устройство "дискового" типа / *Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатів, І.С. Трунова* // Електротехніка і електромеханіка. – Х.: НТУ "ХПИ". – 2012. – № 2. – С. 69-73. 6. Экспериментальные исследования импульсных трансформаторов тока – согласующих устройств цилиндрического типа в технике МИОМ. Часть 1. сборник трудов IV международной научно-технической конференция ["Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии"], (Тольятти, 24-25 апреля 2012 г.) / *Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатів, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова, А.В. Гопко*. – Тольятти: Издательство ТГУ. 2012. – С. 154-161. 7. *Гнатів А.В.* Согласующие устройства, как инструменты для бесконтактной электромагнитной рихтовки кузовов автомобилей / *А.В. Гнатів* // Вестник СЧУ им. В. Даля. – Луганск, 2012. – № 9 (180). – Ч. 1. – С. 34-42. 8. Пат. 68745 України, В21 Д 26/14. Спосіб магнітно-імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок / *Батыгин Ю.В., Гнатів А.В., Чаплыгин С.О., Трунова І.С., Аргун Щ.В.*; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун-т. – № u 2011 11225 заявл. 21.09.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7. 9. Пат. 75791 України, В21 Д 26/14. Суміщений дисковий погоджувальний пристрій з демпферною конструкцією / *Батыгин Ю.В., Гнатів А.В., Чаплыгин С.О., Аргун Щ.В., Трунова І.С., Щиголева С.О.*; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун-т. – № u2012 07316 заявл. 15.06.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. 10. Пат. 75790 України, В21 Д 26/14. Спосіб магнітно-імпульсного притягання металевих об'єктів суміщеним дисковим погоджувальним пристроєм з демпферною конструкцією / *Батыгин Ю.В., Гнатів А.В., Чаплыгин С.О., Аргун Щ.В., Трунова І.С., Щиголева*

С.О.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун-т. – № u2012 07313 заявл. 15.06.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23.

Поступило в редколлегию 20.02.2013

УДК 621.318.4

Суміщені погоджувальні пристрої дискового типу, як інструменти магнітно-імпульсної технології рихтування / Гнатов А.В., Трунова І.С., Любарець О.О. // Вісник НТУ "ХП". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ "ХП", 2013. – № 35 (1008). – С. 58-64. Бібліогр.: 10 назв.

Проведен анализ основных особенностей совмещенных согласующих устройств дискового типа, как инструментов магнитно-импульсной технологии рихтовки тонкостенных металлов. Представлены авторские разработки совмещенных согласующих устройств – импульсных трансформаторов тока для технологии бесконтактного рихтовки ферромагнитных металлов.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка металлов, согласительный устройство, магнитно-импульсная установка, бесконтактное рихтовка, импульсный трансформатор тока.

Analysis of main peculiarities of combined matching units of disk type as instruments for magnetic-impulse technology of beading of thin-walled metals is carried out. The authors' developments of combined matching units – impulse current transformers for the technology of contactless beading of ferromagnetic metals are presented.

Keywords: magnetic pulse metal working, agrees take-device, magnetic pulse setting, non-contact flattening, pulsed current transformer.