УКРАЇНА (19) **UA** (11) **101413** (13) **U**

(51) МПК
B21D 26/14 (2006.01)
B21D 1/12 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 02614**

(22) Дата подання заявки: **23.03.2015**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.09.2015**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.09.2015, Бюл.№ 17**

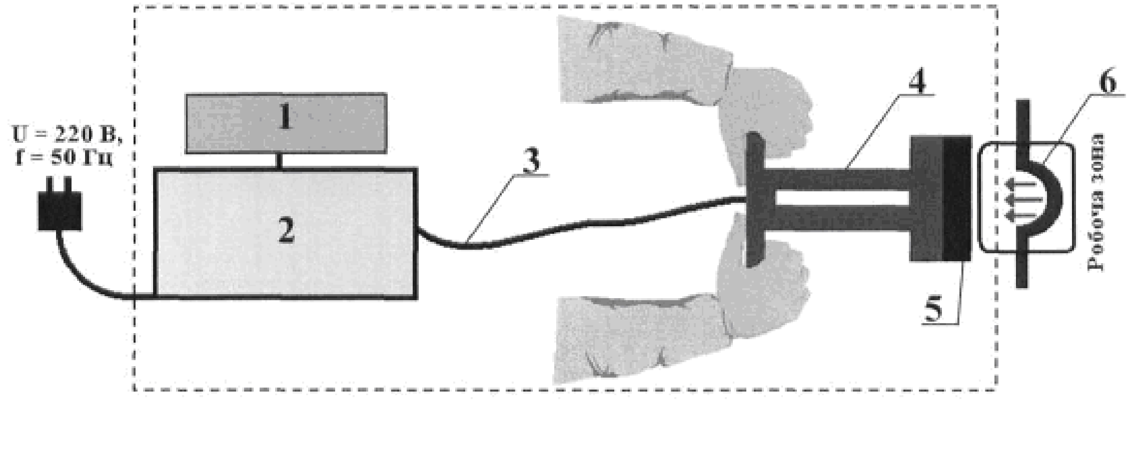
(72) Винахідник(и):
Батигін Юрій Вікторович (UA),
Гнатов Андрій Вікторович (UA),
Чаплигін Євген Олександрович (UA),
Аргун Щасяна Валіковна (UA),
Шиндерук Світлана Олександрівна (UA),
Сабокар Олег Сергійович (UA)

(73) Власник(и):
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA),
Батигін Юрій Вікторович,
пр. Л. Свободи, 35-б, кв. 40, м. Харків, 61202 (UA),
Гнатов Андрій Вікторович,
вул. Польова, 10, кв. 1, м. Харків, 61068 (UA)

(54) КОМПЛЕКС ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО РИХТУВАННЯ

(57) Реферат:

Комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування корпусних та кузовних елементів транспортних засобів містить джерело потужності - магнітно-імпульсну установку, систему управління та інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, які з'єднані кабельним підводом через погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму.



UA 101413 U

Корисна модель належить до обробки металів тиском імпульсного магнітного поля і може знайти застосування в автомобільній та авіаційній галузях промисловості для рихтування корпусу автомобіля або літака без його розбирання, та в машинобудівній галузі, коли обробка заготовки може здійснюватися лише з зовнішнього боку.

Аналогом корисної моделі є патент 4,252,008 USA (США), B21D 26/14. Apparatus for removing dents from automobile bodies and the like / William L. Dibbens; заявитель и патентообладатель William L. Dibbens. - № 12/648; заявл. 16.02.1979; опубл. 24.02.1981, недоліком якого є те, що запропонований комплекс працює тільки з гідравлічною рідиною, робота з якою можлива лише при наявності спеціалізованого обладнання. Компресор забезпечує необхідний тиск в системі з гідравлічною рідиною, отже потрібне незалежне живлення до компресора, та відповідні трубопроводи для забезпечення циркуляції робочої рідини. Наявність лише одного інструменту для видалення вм'ятин з суворо заданими розмірами значно звужує рамки застосування пропонованої апаратури.

Ще одним аналогом до корисної моделі є патент US 6,538,250 B1 USA (США), B21D 1/12. Apparatus and method for vacuum dent repair / Borchert Donald Paul; заявитель и патентообладатель Dent Defyer Inc. - № 09/707,562; заявл. 06.11.2000; опубл. 25.03.2003. Недоліком зазначеного патенту є те, що зусилля для видалення вм'ятин утворюються вакуумним способом, що потребує майже ідеального сполучення інструменту з кузовною панеллю, яку потрібно рихтувати. В реальних умовах цього досягти досить складно. Зусилля утворюються завдяки відкачуванню повітря в робочій області інструменту, що вимагає наявності відповідної спеціалізованої пневматичної апаратури. Самі зусилля прикладаються до захисного лакофарбного покриття кузовної панелі, а не до металу, що необхідно вирівнювати. Отже, виникає ризик відривання лакофарбного шару від металу кузовної панелі.

Ще одним аналогом до корисної моделі є заявка на патент US 2008/0163661 A1 USA (США). Dent removing method and device / Meichtry Ralph, Kouba Ivan; заявитель и патентообладатель Ostrolenk faber gerb & soffen, New York. - № 11/910,788; завял. 11.05.2006; опубл. 10.07.2008. До недоліків зазначеної заявки на патент слід віднести:

- застосування як інструменту багатовиткової котушки, яка, судячи з опису, досить складна у виготовленні і, як показав весь практичний досвід магнітно-імпульсної обробки (МІОМ), вельми недовговічна в експлуатації;

- можливість роботи тільки з феромагнетиками (окремі стальні композиції), і неможливість усунення вм'ятин в немагнітних металах (алюмінієві сплави та ін.);

- принцип дії оснований на застарілих до теперішнього часу висновках перших науково-дослідних пошукових робіт 2003-2004 рр., які не дозволяють достатньою мірою реалізувати всі позитивні можливості магнітно-імпульсного притягання і, як недолік, низька ефективність процесу рихтування.

Найближчим аналогом до комплексу зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування є патент US 6,639,781 B2 USA (США), H01H 47/00. Electromagnetic dent remover power supply / David B. Smith, Robert F. Olsen, John J. Cotter; заявитель и патентообладатель The Boeing Company, Chicago. - № 10/001, 359; заявл. 31.10.2001; опубл. 28.10.2003.

У найближчому аналогу запропоновано джерело живлення для системи електромагнітного видалення вм'ятин, яке генерує "повільне" і "швидке" магнітні поля (струми). Фізична суть розробки у прототипі зводиться до того, що перше вільно проникає крізь оброблюваний метал. Друге, внаслідок досить високої частоти, концентрується в робочій зоні індуктора-інструмента із зовнішньої сторони над поверхнею листа. Суперпозиція цих полів дозволяє досягти притягання заданої ділянки із вм'ятиною протягом певного часового інтервалу. Останньою модифікацією даної розробки є суперпозиція вже не полів, а окремих струмів у колі індуктора-інструмента. Результуючий сигнал відповідної часової форми забезпечує той же ефект притягання заданої області оброблюваного об'єкта.

Загальними недоліками систем магнітно-імпульсного притягання, що основані на суперпозиції низької і високої частоти (як струмів, так і полів), є:

- наявність двох джерел енергії генерації "повільного" і "швидкого" магнітних полів (струмів);

- складність необхідної силової електроніки;

- великі витрати на необхідні комплектуючі (як мінімум в 2 рази більше в порівнянні з традиційними магнітно-імпульсними системами);

- низька надійність в експлуатації плюс досить висока собівартість кінцевого продукту.

Привабливою простотою технічної реалізації і широкими можливостями, представляється комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування, збудження зусиль рихтування в якому сповнюється за допомогою енергії імпульсних магнітних полів в низькочастотному режимі генерації силових імпульсів струму.

В основу корисної моделі поставлено задачу розширення функціональних можливостей, а також підвищення ефективності процесу магнітно-імпульсного притягання металевих тонкостінних об'єктів при їх рихтуванні, за рахунок вдосконалення конструкції та конструктивних особливостей устаткування комплексу зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування. А саме, конструктивних особливостей джерела потужності - магнітно-імпульсної установки, погоджувального пристрою - імпульсного трансформатора струму та інструменту магнітно-імпульсного рихтування - індукторної системи.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що до комплексу зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування корпусних та кузовних елементів транспортних засобів, згідно з винахідницьким задумом, включають джерело потужності - магнітно-імпульсну установку, систему управління та інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, які з'єднані кабельним підводом через погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму.

Згідно з корисною моделлю, зарядне та розрядне коло джерела потужності - магнітно-імпульсної установки з'єднуються через тиристорно-електронний пристрій, що синхронізує заряд-розряд ємнісного накопичувача для багаторазового відтворення заданої кількості імпульсів струму у розрядному колі з навантаженням-індуктором, а величину опору для обмеження струму, що забезпечує працездатність генератора, визначають у відповідності до співвідношення (1):

$$R_{зар} > 2 \cdot \delta_0 \cdot \sqrt{\frac{L_{раз}}{C}}, \ (1)$$

де: $R_{зар}$ - струмообмежувальний резистор у зарядному колі;

δ_0 - відносний декремент затухання розрядного кола;

$L_{раз}$ - індуктивність розрядного кола;

C - ємність накопичувача енергії.

Згідно з корисною моделлю, розрядний контур джерела потужності - магнітно-імпульсної установки представлено сукупністю паралельних гілок, що складаються з однакових послідовно з'єднаних ємностей і комутуючих тиристорно-електронних пристроїв із загальним електричним виводом до навантаження-індуктора, причому кількість паралельних гілок вибирається виходячи з допустимого струму комутуючих тиристорно-електронних пристроїв.

Згідно з корисною моделлю, як накопичувач електричної енергії в джерелі потужності - магнітно-імпульсній установці використано іоністор.

Згідно з корисною моделлю, джерело потужності - магнітно-імпульсна установка містить у розрядному колі мостову схему випрямлення, в діагональ якої підключається навантаження-індуктор - інструмент магнітно-імпульсного рихтування.

Згідно з корисною моделлю, джерело потужності - магнітно-імпульсна установка генерує багаторазову серію імпульсів магнітного тиску (силових імпульсів струму), які діють на кузовну панель автомобіля та призводять до її рихтування. Кількість однакових імпульсів магнітного тиску вибирають у відповідності до формули (2):

$$n = \log_q \delta, \ (2)$$

де n - кількість імпульсів у серії;

q - природне відносне зниження результативності силової дії на заготовку від імпульсу до імпульсу;

δ - відносний ступінь наближення до максимально можливої деформації, який задається умовами виробничої операції, що виконується.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему живлять від джерела потужності - магнітно-імпульсної установки, при цьому діапазон частот магнітного поля, що генерує джерело живлення вибирається у відповідності до конструктивних та геометричних особливостей індукторної системи. Робочу зону інструмента магнітно-імпульсного рихтування, виконаного у вигляді електрично ізольованого кругового витка, розміщеного в пазу масивного провідного допоміжного екрана з боку кузовної панелі.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторна система для притягання, як з феромагнітного, так і неферомагнітного металу, у робочій зоні індуктора, виконана у вигляді двох компланарних витків прямокутної форми, з'єднаних послідовно і розміщених у пазу масивного провідного екрана, ізольованого від нього, з боку

оброблюваної заготовки так, що дві сторони окремих витків, що обмежують робочу зону, є паралельними.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторна система для притягання пошкоджених ділянок кузовної панелі автомобіля при використанні одного джерела потужності - магнітно-імпульсної установки, частоту діючого поля (силових імпульсів струму) вибирається у відповідності до співвідношення (3). При цьому індукторну систему виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором, розміри якого відповідають розмірам оброблюваної ділянки заготовки, яку розміщують на торцевій поверхні індуктора.

$$\omega << \frac{1}{d^2 \cdot \mu_0 \cdot \gamma}, (3)$$

де ω - циклонна частота діючого поля;

μ_0 - магнітна проникність вакууму;

γ і d - електропровідність і товщина металу кузовної панелі.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором у вигляді зрізаного конуса, розміри якого відповідають розмірам оброблюваної ділянки заготовки, а заготовку розміщують на торцевій поверхні індуктора, з боку більшої основи зрізаного конуса.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему для притягання кузовної панелі, як з феромагнітного, так і неферомагнітного металу виконано у вигляді плоского витка, поверх якого розміщений плоский металевий екран, а частоту діючого поля визначають у відповідності до співвідношення (4):

$$f << \frac{1}{(2\pi \cdot \tau)}, (4)$$

де f - робоча частота діючого поля;

τ - характерний час проникнення поля в метал листової заготовки з товщиною d та електропровідністю γ, $\tau = \mu_0 \cdot \gamma \cdot d^2$.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконують у формі прямокутного витка індуктора, з двома розрізами за віссю симетрії, що поділяють його на два окремих струмопроводи, послідовне чи паралельне з'єднання яких між собою дозволяє регулювати індуктивність індуктора та амплітуди збуджених полів.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконано у вигляді електрично ізольованого кругового витка, розміщеного в пазу провідного екрана з боку оброблюваної кузовної панелі, а рихтування кузовної панелі проходить завдяки індукованим струмам, наведеним від тонкого допоміжного екрана, причому товщина допоміжного екрана залишається однаковою уздовж всього перерізу та вибирається у відповідності до співвідношення (5):

$$d \le \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \gamma}}, (5)$$

де d - товщина допоміжного екрана;

ω - кутова частота сигналу;

μ - магнітна проникність металу допоміжного екрана;

γ - електропровідність металу допоміжного екрана.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконано у вигляді двох витків, один з яких розташовано зверху допоміжного екрана, а другий - знизу, та витки індуктора з'єднані так, що струм в них протікає в одному напрямку, при цьому товщина допоміжного екрана залишається однаковою уздовж всього перерізу та вибирається у відповідності до співвідношення (5).

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему розміщено над тонким допоміжним екраном, а кузовну панель над тонкостінним екраном, що призводить до підвищення електродинамічного зв'язку між кузовною панеллю та інструментом рихтування.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконують у формі циліндричного витка індуктора, з двома розрізами за віссю симетрії, які можуть підключатися до джерела потужності послідовно або паралельно.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему розміщено над тонкостінним допоміжним екраном, товщина допоміжного екрана залишається однаковою уздовж всього перерізу та вибирається у відповідності до співвідношення (5), а кузовну панель розміщено над тонкостінним допоміжним екраном.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконано у вигляді двох прямокутних витків, один з яких розташовано зверху тонкого допоміжного екрана, а другий - знизу, та витки індуктора з'єднані так, що струм в них протікає в одному напрямку, при цьому, виток над допоміжним екраном розташований по краю робочої зони індукторної системи.

Згідно з корисною моделлю, інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему виконано у вигляді трьох кругових плоских витків, два з яких розташовуються зверху допоміжного екрана, а третій - знизу, та витки індуктора з'єднуються так, що струм в них протікає в одному напрямку, при цьому товщина допоміжного екрана залишається незмінною уздовж всього перерізу та вибирається у відповідності до співвідношення (5).

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, вторинна обмотка якого виконана у вигляді двох співвісних циліндрів з повздовжнім розрізом, на один з яких (внутрішній) намотується первинна обмотка, а другий (зовнішній) накриває її зверху, однакові торцеві кінці внутрішнього та зовнішнього циліндрів з'єднують електрично на виході до навантаження так, щоб струми, що індуковані в кожному з них додавались, найбільший та найменший радіальні розміри, а також частоти перетворювальних сигналів вибирається у відповідності до співвідношення (6):

$$\begin{cases} \omega\cdot\sqrt{\mu_0\cdot\varepsilon_0}\cdot R_{max} << 1; \\ \sqrt{\omega\cdot\mu_0\cdot\gamma}\cdot R_{min} >> 1, \end{cases} \quad (6)$$

де R_{max}, R_{min} - найбільший та найменший радіальні розміри;

ω - кутова частота перетворювальних сигналів;

μ_0, ε_0 - магнітна та діелектрична проникність вакууму;

γ - питома електропровідність металів циліндрів.

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано у вигляді вторинної обмотки плоского спіралевидного імпульсного трансформатора струму, при цьому первинна обмотка імпульсного трансформатора виконана у вигляді плоскої спіралі, на якій через діелектричну прокладку розміщено вторинну обмотку у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором у формі зрізаного конуса.

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано суміщеним з вторинною циліндричною обмоткою погоджувального пристрою на одній з торцевих поверхонь вторинної обмотки.

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому вторинна обмотка виконана у вигляді тонкостінної циліндричної труби з подовжнім розрізом та трьома подовжніми ребрами жорсткості, в яких передбачені різьбові отвори для прикріплення індукційних індукторних систем, причому два з них знаходяться в зоні розрізу, а вторинна обмотка розташована поверх циліндричної діелектричної оснастки, в якій є отвори до співвідношення (5), причому до вторинної обмотки для охолодження обмотки, при цьому товщина вторинної обмотки вибирається у відповідності з торцевої сторони приєднується індукційна індукторна система з великою індуктивністю (понад 100 нГн), яка і виконує рихтування тонкостінних листових металів.

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано у вигляді вторинної обмотки плоского спіралевидного імпульсного трансформатора струму, а первинна обмотка виконана у вигляді плоскої спіралі, причому притискання первинної обмотки до вторинної здійснюється за допомогою демпферної конструкції.

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому первинна обмотка виконана у вигляді плоскої спіралі, поверх якої розташована вторинна обмотка - розімкнений диск, що притискається до первинної обмотки за допомогою

діелектричної кришки та має два малоіндуктивні виводи, до яких приєднується індукційна індукторна система - інструмент магнітно-імпульсного рихтування.

Згідно з корисною моделлю, погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано у вигляді вторинної обмотки погоджувального пристрою, що має форму розімкненого дискового витка з внутрішнім отвором у вигляді зрізаного конуса, причому вторинна обмотка виконана у вигляді двох розімкнених дисків, що розташовані компланарно відносно до первинної обмотки та з'єднані між собою так, що сумарний струм протікає по торцевій поверхні зрізаного конуса індуктора-інструмента, який виконано суміщеним з зовнішнім диском вторинної обмотки.

На кресленні представлена схема реалізації комплексу зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування, на якій позначено такі позиції: 1 - система управління; 2 - джерело потужності - магнітно-імпульсна установка; 3 - кабельний підвід; 4 - погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму; 5 - інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторна система; 6 - пошкоджена кузовна панель.

Комплекс працює наступним чином.

Джерело потужності - магнітно-імпульсна установка 2, підключається до промислової мережі живлення змінного струму. Оператор за допомогою система управління 1 задає необхідний режим роботи комплексу (вибирає напругу заряду конденсаторної батареї, серійний або однократний режим генерації розрядних силових імпульсів струму, кількість імпульсів в одній серії та кількість серій розрядних імпульсів). Сигнали управління від системи управління 1 надходять до виконавчої апаратури джерела потужності - магнітно-імпульсної установки 2, який їх відпрацьовує та генерує визначені силові розрядні імпульси струму через кабельний підвід 3 до погоджувального пристрою - імпульсного трансформатора струму 4. Останній трансформує значення силового імпульсу струму та передає його до інструменту магнітно-імпульсного рихтування - індукторної системи 5, який розташовують над пошкодженою кузовною панеллю 6 з зовнішньої сторони. При протіканні силового імпульсу струму по інструменту магнітно-імпульсного рихтування - індукторній системі 5 збуджується потужне імпульсне магнітне поле, яке індукує в пошкодженій кузовній панелі напроти робочої зони інструменту імпульсні струми наводки (Фуко). Взаємодії останніх зі збудженим імпульсним магнітним полем призводять до появи електродинамічних сил рихтування, які притягають елемент пошкодженої кузовної панелі 6 до інструменту магнітно-імпульсного рихтування - індукторної системи 5. При цьому зусилля збуджуються в самому металі пошкодженої кузовної панелі, що призводить до його вирівнювання та не пошкоджує захисне лакофарбне покриття кузовної панелі автомобіля.

Використання запропонованого комплексу зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування дозволяє значно розширити рамки застосування ремонтної апаратури, а наявність декількох видів інструментів зовнішнього рихтування розширює область його застосування, в тому числі й для відновлення як феромагнітних листових металів (сталь та її сплави), так і неферомагнітних (алюміній, та сплави на його основі). Відмінною особливістю запропонованого комплексу є те, що зусилля для рихтування збуджуються в самому металі деформованої ділянки кузовної панелі, що запобігає пошкодженню захисного лакофарбного покриття на її зовнішній поверхні. Отже, має місце підвищення ефективності процесу рихтування та зменшення часу на виконання ремонтних робіт. Наявність одного джерела енергії дозволяє значно зменшити вартість як самого комплексу, так і ремонтних операцій, які він здатен виконувати. Останній факт свідчить також про підвищення надійності комплексу при його експлуатації. Отже, запропонований комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування розширює функціональні можливості магнітно-імпульсного притягання металевих об'єктів та підвищує ефективність процесу обробки металів в цілому (особливо у ремонтних технологіях при відновленні та рихтуванні пошкоджених кузовних панелей), а також призводить до зростання ККД процесу.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування корпусних та кузовних елементів транспортних засобів, принцип дії якого засновано на використанні енергії магнітного поля, який **відрізняється** тим, що містить джерело потужності - магнітно-імпульсну установку, систему управління та інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, які з'єднані кабельним підводом через погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму.

2. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що зарядне та розрядне коло джерела потужності - магнітно-імпульсної установки з'єднуються через тиристорно-електронний пристрій, що синхронізує заряд-розряд ємнісного накопичувача для багаторазового відтворення заданої

кількості імпульсів струму у розрядному колі з навантаженням-індуктором, а величину опору для обмеження струму, що забезпечує працездатність генератора, визначають із співвідношення:

$$R_{зар} > 2 \cdot \delta_0 \cdot \sqrt{\frac{L_{раз}}{C}}, \ (1)$$

де: $R_{зар}$ - струмообмежувальний резистор у зарядному колі;

δ_0 - відносний декремент затухання розрядного кола;

$L_{раз}$ - індуктивність розрядного кола.

3. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що розрядний контур джерела потужності - магнітно-імпульсної установки, представлено сукупністю паралельних гілок, що складаються з однакових послідовно з'єднаних ємностей і комутуючих тиристорно-електронних пристроїв із загальним електричним виводом до навантаження-індуктора, причому кількість паралельних гілок вибирається виходячи з допустимого струму комутуючих тиристорно-електронних пристроїв.

4. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що як накопичувач електричної енергії в джерелі потужності - магнітно-імпульсній установці, використано іоністор.

5. Комплекс за пп. 1, 3, який **відрізняється** тим, що джерело потужності - магнітно-імпульсна установка, містить у розрядному колі мостову схему випрямлення, в діагональ якої підключається навантаження-індуктор - інструмент магнітно-імпульсного рихтування.

6. Комплекс за пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що на кузовну панель здійснюють багаторазову дію серії імпульсів магнітного тиску, які генерує джерело потужності - магнітно-імпульсна установка, а кількість однакових імпульсів магнітного тиску вибирають згідно зі співвідношення:

$$n = \log_q \delta, \ (2)$$

де n - кількість імпульсів у серії;

q - природне відносне зниження результативності силової дії на заготовку від імпульсу до імпульсу;

δ - відносний ступінь наближення до максимально можливої деформації, який задається умовами виробничої операції, що виконується.

7. Комплекс за пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, живлять від джерела потужності - магнітно-імпульсної установки, при цьому діапазон частот магнітного поля, що генерує джерело живлення вибирається у відповідності до $\frac{1}{\pi \cdot D^2 \cdot \mu_0 \cdot \gamma_Э}$, до $\frac{1}{\pi \cdot d^2 \cdot \mu_0 \cdot \gamma_З}$ Гц, (де d - товщина заготовки, $\gamma_З$ - електропровідність металу заготовки, D - товщина допоміжного екрана, $\gamma_Э$ - електропровідність матеріалу допоміжного екрана, μ_0 - магнітна проникність вакууму), робочу зону інструмента магнітно-імпульсного рихтування виконаного у вигляді електрично ізольованого кругового витка, розміщеного в пазу масивного провідного допоміжного екрана з боку кузовної панелі.

8. Комплекс за пп. 1, 7, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторна система для притягання, як з феромагнітного, так і неферомагнітного металу, у робочій зоні індуктора, виконана у вигляді двох компланарних витків прямокутної форми, з'єднаних послідовно і розміщених у пазу масивного провідного екрана, ізольованого від нього, з боку оброблюваної заготовки так, що дві сторони окремих витків, що обмежують робочу зону, є паралельними.

9. Комплекс за пп. 1, 7, 8, який **відрізняється** тим, що для притягання кузовної панелі інструментом магнітно-імпульсного рихтування - індукторною системою, при використанні одного джерела імпульсного поля (магнітно-імпульсної установки) частота діючого поля вибирається зі співвідношення:

$$\omega << \frac{1}{d^2 \cdot \mu_0 \cdot \gamma}, \ (3)$$

де ω - циклонна частота діючого поля;

μ_0 - магнітна проникність вакууму;

γ і d - електропровідність і товщина металу кузовної панелі,

при цьому індукторну систему виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором, розміри якого відповідають розмірам оброблюваної ділянки заготовки, яку розміщують на торцевій поверхні індуктора.

10. Комплекс за пп. 1, 7-9, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором у вигляді зрізаного конуса, розміри якого відповідають розмірам оброблюваної ділянки заготовки, а заготовку розмішують на торцевій поверхні індуктора, з боку більшої основи зрізаного конуса.

11. Комплекс за пп. 1, 7-10, який **відрізняється** тим, що для притягання кузовної панелі, як з феромагнітного, так і неферомагнітного металу, використовують інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, виконану у вигляді плоского витка, поверх якого розміщений плоский металевий екран, а частоту діючого поля визначають зі співвідношення:

$$f << \frac{1}{(2\pi \cdot \tau)}, \quad (4)$$

де f - робоча частота діючого поля;

τ - характерний час проникнення поля в метал листової заготовки з товщиною d та електропровідністю γ, $\tau = \mu_0 \cdot \gamma \cdot d^2$.

12. Комплекс за пп. 1, 7-11, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, використовують у формі прямокутного витка індуктора, з двома розрізами за віссю симетрії, що поділяють його на два окремих струмопроводи, послідовне чи паралельне з'єднання яких між собою дозволяє регулювати індуктивність індуктора та амплітуди збуджених полів.

13. Комплекс за пп. 1, 7-12, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, виконано у вигляді електрично ізольованого кругового витка, розміщеного в пазу провідного екрана з боку оброблюваної кузовної панелі, а рихтування кузовної панелі проходить завдяки індукованим струмам, наведеним від тонкого допоміжного екрана, причому товщина допоміжного екрана залишається однаковою уздовж всього перерізу та вибирається зі співвідношення:

$$d \le \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \gamma}}, \quad (5)$$

де d - товщина допоміжного екрана;

ω - кутова частота сигналу;

μ - магнітна проникність металу допоміжного екрана;

γ - електропровідність металу допоміжного екрана.

14. Комплекс за пп. 1, 7-13, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, виконано у вигляді двох витків, один з яких розташовано зверху допоміжного екрана, а другий - знизу, та витки індуктора з'єднані так, що струм в них протікає в одному напрямку, при цьому товщина допоміжного екрана залишається однаковою уздовж всього перерізу та вибирається зі співвідношення (5).

15. Комплекс за пп. 1, 7-14, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, розміщено над тонким допоміжним екраном, а кузовну панель над тонкостінним екраном, що приводить до підвищення електродинамічного зв'язку між кузовною панеллю та інструментом рихтування системою та заготовкою.

16. Комплекс за пп. 1, 7-15, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, використовують у формі циліндричного витка індуктора, з двома розрізами за віссю симетрії, які можуть підключатися до джерела потужності послідовно або паралельно.

17. Комплекс за п. 1, 7-16, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, розміщено над тонкостінним допоміжним екраном, товщина допоміжного екрана залишається однаковою уздовж всього перерізу та вибирається зі співвідношення (5), а кузовну панель - над тонкостінним допоміжним екраном.

18. Комплекс за п. 1, 7-17, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, виконано у вигляді двох прямокутних витків, один з яких розташовано зверху тонкого допоміжного екрана, а другий - знизу, та витки індуктора з'єднані так, що струм в них протікає в одному напрямку, при цьому виток над допоміжним екраном розташований по краю робочої зони індукторної системи.

19. Комплекс за пп. 1, 7-18, який **відрізняється** тим, що інструмент магнітно-імпульсного рихтування - індукторну систему, виконано у вигляді трьох кругових плоских витків, два з яких розташовуються зверху допоміжного екрана, а третій - знизу, та витки індуктора з'єднуються так, що струм в них протікає в одному напрямку, при цьому товщина допоміжного екрана залишається незмінною уздовж всього перерізу та вибирається зі співвідношення (5).

20. Комплекс за п. 1, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, вторинна обмотка якого виконана у вигляді двох співвісних циліндрів з повздовжнім розрізом, на один з яких (внутрішній) намотується первинна обмотка, а другий (зовнішній) накриває її зверху, однакові кінці розрізів внутрішнього та зовнішнього циліндрів з'єднують електрично на виході до навантаження так, щоб додавались струми, індуковані в кожному з них, найбільший та найменший радіальні розміри, а також частоти перетворювальних сигналів вибираються зі співвідношення:

$$\begin{cases} \omega \cdot \sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0} \cdot R_{max} << 1; \\ \sqrt{\omega \cdot \mu_0 \cdot \gamma} \cdot R_{min} >> 1, \end{cases} \quad (6)$$

де R_{max} , R_{min} - найбільший та найменший радіальні розміри;

ω - кутова частота перетворювальних сигналів;

μ_0 , ε_0 - магнітна та діелектрична проникність вакууму;

γ - питома електропровідність металів циліндрів.

21. Комплекс за пп. 1, 20, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано у вигляді вторинної обмотки плоского спіралевидного імпульсного трансформатора струму - пристрою, що погоджує, при цьому первинна обмотка імпульсного трансформатора виконана у вигляді плоскої спіралі, на якій через діелектричну прокладку розміщено вторинну обмотку у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором у формі зрізаного конуса.

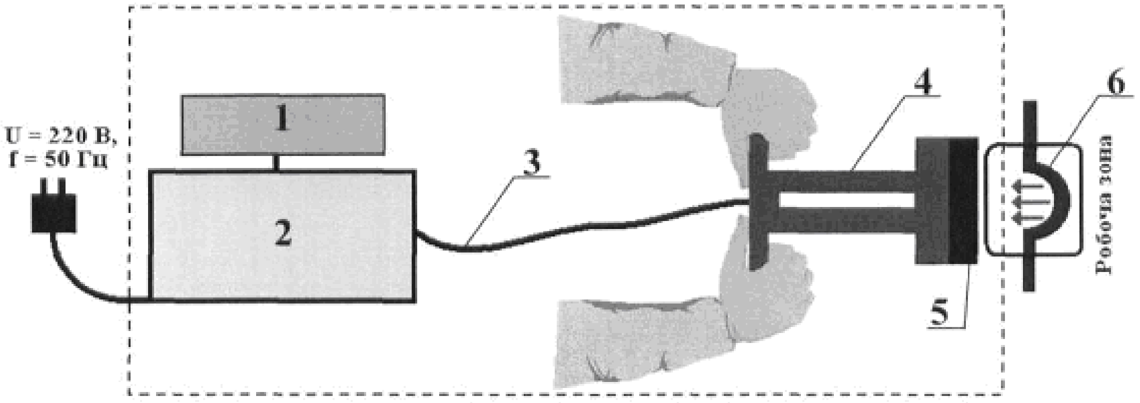
22. Комплекс за пп. 1, 20, 21, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано суміщеною з вторинною циліндричною обмоткою погоджувального пристрою на одній з торцевих поверхонь вторинної обмотки.

23. Комплекс за пп. 1, 20-22, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому вторинна обмотка виконана у вигляді тонкостінної циліндричної труби з подовжнім розрізом та трьома подовжніми ребрами жорсткості, в яких передбачені різьбові отвори для прикріплення індукційних індукторних систем, причому два з них знаходяться в зоні розрізу, а вторинна обмотка розташована поверх циліндричної діелектричної оснастки, в якій є отвори для охолодження обмотки, при цьому товщина вторинної обмотки вибирається зі співвідношення (5), причому до вторинної обмотки з торцевої сторони приєднується індукційна індукторна система з великою індуктивністю (понад 100 нГн), яка і виконує деформування тонкостінних листових металів.

24. Комплекс за пп. 1, 20-23, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано у вигляді вторинної обмотки плоского спіралевидного імпульсного трансформатора струму, а первинна обмотка виконана у вигляді плоскої спіралі, причому, притискання первинної обмотки до вторинної здійснюється за допомогою демпферної конструкції.

25. Комплекс за пп. 1, 20-24, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому первинна обмотка виконана у вигляді плоскої спіралі, поверх якої розташована вторинна обмотка - розімкнений диск, що притискається до первинної обмотки за допомогою діелектричної кришки та має два молоіндуктивні виводи, до яких приєднується індукційна індукторна система.

26. Комплекс за п. 1, 20-25, який **відрізняється** тим, що погоджувальний пристрій - імпульсний трансформатор струму, в якому індукторну систему виконано у вигляді вторинної обмотки погоджувального пристрою, що має форму розімкненого дискового витка з внутрішнім отвором у вигляді зрізаного конуса, причому вторинна обмотка виконана у вигляді двох розімкнених дисків, що розташовані компланарно відносно до первинної обмотки та з'єднані між собою так, що сумарний струм протікає по торцевій поверхні зрізаного конуса індуктора-інструмента, який виконано суміщеним з зовнішнім диском вторинної обмотки.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніків

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601