



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 86432

(13) C2

(51) МПК (2009)
B23K 9/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ІМПУЛЬСНЕ ДЖЕРЕЛО ПЛАЗМИ

1

2

(21) а200702160

(22) 28.02.2007

(24) 27.04.2009

(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.

(72) КОРОТИНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ЄВТІХІЄВИЧ,
UA, СКОПЮК МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, UA(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ "ЕПІС", UA

(56) UA 36725 A, 16.04.2001

UA 40358 A, 16.07.2001

FR 2689704, 08.10.1993

SU 523769, 05.08.1976

(57) Імпульсне джерело плазми, до складу якого входять генератор імпульсів, джерело постійного струму та заряд-розрядний ланцюжок, який складається з зарядного резистора, конденсатора, низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора та керуючого ключа, при цьому перший вихід джерела постійного струму підключений до одного з виводів зарядного резистора, а другий вихід - до одного з виводів керуючого ключа та до одного з виводів низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, другий вивід зарядного резистора підключений до одного з виводів конденсатора та другого виводу керуючого ключа, а другий вивід конденсатора підключений до другого виводу ни-

зьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, виводи високовольтної обмотки імпульсного трансформатора підключені безпосередньо до електродів джерела плазми, яке відрізняється тим, що до його складу введені щонайменше два заряд-розрядних ланцюжки, причому сумарне число заряд-розрядних ланцюжків є парним, один загальний вивід всіх зарядних резисторів підключений до першого виводу джерела постійного струму, кожен другий вивід зарядних резисторів підключений до одного з виводів відповідного конденсатора та до другого виводу відповідного керуючого ключа, кожен другий вивід конденсаторів підключений до відповідного другого виводу низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, а перші виводи низьковольтних обмоток імпульсного трансформатора та перші виводи керуючих ключів, всі разом, підключені до другого виводу джерела постійного струму, при цьому непарні низьковольтні обмотки імпульсного трансформатора включені в прямому напрямку, а парні - в оберненому напрямку, крім того, до складу імпульсного джерела плазми введений блок керування, вхід якого підключений до виходу генератора імпульсів, а виходи - до відповідних входів керуючих ключів.

Винахід відноситься до галузі електротехнології, а саме - до джерел плазми (плазмотронів) для виконання плазмових процесів зварювання, різання, напилення та наплавлення металів.

В сучасних умовах є актуальним створення конкурентоспроможних джерел плазми, характерною ознакою яких є надійність та сталість їх технічних параметрів (величини струму, напруги, внутрішнього опору і т.д.) незалежно від умов експлуатації та зберігання.

Відоме джерело плазми (живлення плазмотрону), до складу якого входить джерело постійного струму, один з виходів якого підключений до одного з виводів конденсатора та одного з електродів джерела плазми (плазмотрона), другий вихід - до одного з виводів резистора, другий вивід якого підключений до другого виводу конденсатора та

одного з виводів індуктивного накопичувача (дроселя), другий вихід якого підключений до другого електроду джерела плазми [Жуков М.Ф., Коротеев А.С., Урюков Б.А. Прикладная динамика термической плазмы. - Новосибирск: Наука, 1975 - с.275].

На початку роботи цього джерела живлення плазмотрону, в момент включення джерела постійного струму в міжелектродному проміжку відсутні носії електричних зарядів і струм в електричному колі плазмотрону відсутній. Напруга з виходу джерела постійного струму через резистор заряджає конденсатор до напруги пробоя міжелектродного проміжка (величина напруги пробоя визначається згідно закону Пашена і може досягати 10кВ). Після пробоя в міжелектродному проміжку з'являється плазмова хмара, яка продовжує існувати в неперервному режимі до моменту відклю-

(13) C2

(11) 86432

(19) UA

чення напруги з виходу джерела постійного струму. Електричні характеристики цієї плазмової хмари, а саме її електричний опір, визначають величину струму в електричному колі та величину напруги на електродах плазмотрону в процесі неперервного плазмоутворення. Індуктивний накопичувач (дросель) обмежує швидкості наростання та спаду напруги на електродах плазмотрона, підвищуючи тим самим стабільність роботи джерела плазми.

До недоліків цього джерела необхідно віднести, по-перше, низьку енергетичну ефективність, що не перевищує 10%, яка є результатом того, що більша частина напруги, до 9кВ, в процесі плазмоутворення падає на резисторі. По-друге, в процесі неперервного плазмоутворення катод плазмотрону бомбардується іонами, які несуть значну кінетичну енергію, яка на катоді перетворюється в тепло, яке, в свою чергу, стимулює підвищення випромінювання електронів з його поверхні та формування на катоді «перегрітої» катодної плями, температура якої значно перевищує середню температуру катода. Все це призводить до механічного руйнування поверхні катода плазмотрону.

За прототип винаходу, що пропонується, прийняте імпульсне джерело плазми, до складу якого входять генератор імпульсів, джерело постійного струму та заряд-розрядний ланцюжок, який складається з зарядного резистора, конденсатора, низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора та керуючого ключа, при цьому перший вихід джерела постійного струму підключений до одного з виводів зарядного резистора, а другий вихід - до одного з виводів керуючого ключа та до одного з виводів низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, другий вивід зарядного резистора підключений до одного з виводів конденсатора та другого виводу керуючого ключа, а другий вивід конденсатора підключений до другого виводу низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, виводи високовольтної обмотки імпульсного трансформатора підключені безпосередньо до електродів джерела плазми [Патон Б.Е., Гвоздецький В.С., Дудко Д.А., Склярович В.Е., Воропай Н.М., Шнайдер Б.И. Микроплазменная сварка, - Киев: Наукова думка, 1979, с.92-95].

На початку роботи в момент включення імпульсного джерела плазми ключ розімкнуто. Конденсатор через резистор заряджається від джерела постійного струму до певної напруги. На виводах високовольтної обмотки імпульсного трансформатора напруга відсутня, а в міжелектродному проміжку відсутні носії електричних зарядів. В момент замикання ключа, який визначається початком імпульсу запуску з генератора імпульсів, конденсатор розряджається через замкнутий керуючий ключ та низьковольтну обмотку імпульсного трансформатора. На виводах високовольтної обмотки імпульсного трансформатора з'являється висока напруга, яка викликає іскровий пробій міжелектродного проміжку та появу порції плазми. По закінченні імпульсу запуску ключ розмикається і конденсатор починає знову заряджатися від вихідної напруги джерела постійного струму. Плазма в міжелектродному проміжку зникає. Після того, як

конденсатор зарядиться до деякої напруги від джерела постійного струму, надходить наступний цикл замикання ключа і процеси в імпульсному джерелі плазми повторюються. Максимальна енергія іскрового пробою, яка пропорційна квадрату напруги заряду конденсатора, досягається при умові заряду конденсатора до вихідної напруги джерела постійного струму.

Недоліком цього імпульсного джерела плазми є низька інтенсивність плазмоутворення та механічне руйнування катода плазмотрона.

Причина першого недоліку пов'язана з малою щільністю розрядного часу (щільність - це відношення часу розряду до періоду слідування імпульсів запуску генератора імпульсів). Будь-які спроби підвищити щільність розрядного часу, наприклад, шляхом підвищення частоти без зміни величини опору резистора, приводять до зменшення величини напруги на конденсаторі (конденсатор заряджається менший час) і, відповідно, до зменшення енергії розряду, яка пропорційна квадрату величини напруги на конденсаторі. Одночасне підвищення частоти разом зі зменшенням величини опору резистора приводить до збільшення величини зарядного струму і, відповідно, до збільшення потужності, яка виділяється на резисторі, викликаючи його непродуктивний нагрів (зниження коефіцієнту корисної дії імпульсного джерела плазми).

Причиною другого недоліку є те, що в процесі іскрового плазмоутворення катод плазмотрону бомбардується іонами, які несуть значну (у порівнянні з електронами, що бомбардують анод) кінетичну енергію. Ця енергія виділяється на катоді як у вигляді тепла, так і через мікробибухи, які є наслідком високої напруги на електродах імпульсного джерела плазми, що приводить до механічного руйнування поверхні катода. Характер електричних процесів в міжелектродному проміжку такий, що при кожному наступному циклі роботи іскровий розряд буде розвиватися з тієї області катода, яка вже зазнала дії іскри, через те, що вона є джерелом електронів, які виникають за рахунок як локального нагріву, так і механічного спотворення поверхні катода.

В основу винаходу поставлена задача підвищення інтенсивності плазмоутворення та ресурсу роботи імпульсного джерела плазми шляхом удосконалення його електричної схеми, зокрема, збільшенням числа заряд-розрядних ланцюжків, які працюють на спільний імпульсний трансформатор в послідовному режимі, та включенням непарних низьковольтних обмоток імпульсного трансформатора в пряму напругу, а парних - в оберненому, а також оснащенням імпульсного джерела плазми блоком керування, що створює умови для послідовного спрацювання заряд-розрядних ланцюжків без зменшення часового проміжку заряду конденсатора, в результаті чого досягається максимальна величина напруги при заряді конденсаторів при максимальній частоті утворення плазмових згустків та періодично змінюється полярність електродів (анод - катод), і, як наслідок цього - підвищується термін служби імпульсного джерела плазми через рівномірне спрацювання його електродів.

Поставлена задача досягається за рахунок того, що в імпульсному джерелі плазми, до складу якого входять генератор імпульсів, джерело постійного струму та заряд-розрядний ланцюжок, який складається з зарядного резистора, конденсатора, низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора та керуючого ключа, при цьому перший вихід джерела постійного струму підключений до одного з виводів зарядного резистора, а другий вихід - до одного з виводів керуючого ключа та до одного з виводів низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, другий вивід зарядного резистора підключений до одного з виводів конденсатора та другого виводу керуючого ключа, а другий вивід конденсатора підключений до другого виводу низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, виводи високовольтної обмотки імпульсного трансформатора підключені безпосередньо до електродів джерела плазми, згідно до винаходу, введені, щонайменше, два заряд-розрядних ланцюжка, причому сумарне число заряд-розрядних ланцюжків є парним, один загальний вивід всіх зарядних резисторів підключений до першого виходу джерела постійного струму, кожен другий вивід зарядних резисторів підключений до одного з виводів відповідного конденсатора та до другого виводу відповідного керуючого ключа, кожен другий вивід конденсаторів підключений до відповідного другого виводу низьковольтної обмотки імпульсного трансформатора, а перші виводи низьковольтних обмоток імпульсного трансформатора та перші виводи керуючих ключів, всі разом, підключені до другого виходу джерела постійного струму, при цьому непарні низьковольтні обмотки імпульсного трансформатора включені в прямому напрямку, а парні - в оберненому напрямку, крім того, до складу імпульсного джерела плазми введений блок керування, вхід якого підключений до виходу генератора імпульсів, а виходи - до відповідних входів керуючих ключів.

Ознаки, що відрізняють запропоноване імпульсне джерело плазми від ознак подібних джерел того ж призначення, описаних згідно відомого рівня техніки, обумовлюють вказаний вище технічний результат, який досягається в процесі експлуатації цього джерела.

Завдяки оснащенню імпульсного джерела плазми додатковими заряд-розрядними ланцюжками та послідовного їх спрацювання збільшується щільність розрядного часу, при цьому час заряду кожного окремого конденсатора також збільшується у порівнянні з часом заряду конденсатора джерела, описаного у винаході, взятому за прототип. Це надало змоги при постійній величині напруги на виході джерела постійного струму досягати практично максимальної напруги при заряді конденсаторів та суттєво підвищити інтенсивність плазموутворення (інтенсивність плазмоутворення збільшується пропорційно кількості заряд-розрядних ланцюжків та квадрату напруги на конденсаторі). Таке послідовне спрацювання заряд-розрядних ланцюжків підтримується введенням до складу запропонованого джерела блоком керування, зв'язаного з генератором імпульсів та керуючими ключами. Саме блок керування узго-

джує моменти надходження імпульсів з моментами замикання - розмикання кожного з керуючих ключів та зарядженням - розрядженням конденсаторів на обмотки трансформатора.

Так, перший імпульс з виходу генератора імпульсів подається на перший вихід блоку керування. В цей момент замикається перший керуючий ключ, перший конденсатор розряджається через цей замкнутий керуючий ключ та першу низьковольтну обмотку імпульсного трансформатора. На виводах високовольтної обмотки імпульсного трансформатора з'являється висока напруга додатної полярності, яка викликає пробій міжелектродного проміжку в напрямку катод-анод та появу плазмової хмари. Далі перший керуючий ключ розмикається і перший конденсатор починає заряджатися від джерела постійного струму. Наступний імпульс подається на другий вихід блоку керування. В цей момент замикається другий керуючий ключ, другий конденсатор розряджається через цей замкнутий керуючий ключ та другу низьковольтну обмотку імпульсного трансформатора. На виводах високовольтної обмотки імпульсного трансформатора з'являється висока напруга від'ємної полярності, яка викликає пробій міжелектродного проміжку в напрямку анод-катод та появу плазмової хмари. Другий керуючий ключ розмикається і другий конденсатор починає заряджатися від джерела постійного струму. Вищеописаний процес повторюється n -разів (n -парне число заряд-розрядних ланцюжків), $n+1$ імпульс з виходу генератора імпульсів знову замкне перший керуючий ключ, перший конденсатор, який за n -тактів встигає зарядитися практично до вихідної напруги джерела постійного струму, розрядиться через першу низьковольтну обмотку імпульсного трансформатора, що викликає появу чергової порції плазми в міжелектродному проміжку. Процес плазмоутворення продовжується до тих пір, поки працює генератор імпульсів.

Послідовне включення заряд-розрядних ланцюжків та періодична функціональна зміна аноду і катоду обумовлюють ситуацію, при якій анод та катод, знаходячись практично в однакових умовах експлуатації, спрацьовуються рівномірно - усувається ерозія „перевантаженого“ бомбардуванням катоду, яка має місце у відомому пристрої. Цей фактор значно підвищує термін роботи імпульсного джерела плазми.

Винахід пояснюють креслення:

- на Фіг.1 зображена функціональна схема імпульсного джерела плазми (живлення плазмотрону). Для спрощення представлений варіант двох заряд-розрядних ланцюжків);

- на Фіг.2 зображено амплітудно-часові співвідношення сигналів в різних точках схеми.

Імпульсне джерело плазми (Фіг.1) складається з генератора імпульсів 1, вихід якого підключений до входу блоку керування 2. До складу імпульсного джерела плазми також входить джерело постійного струму 3, перший вихід якого підключений до одного з виводів першого 4 та другого 5 резисторів, а другий вихід - до одного з виводів першого 6 та другого 7 керуючих ключів та до одного з виводів першої 8 та другої 9 низьковольтної обмотки

імпульсного трансформатора 10. Другі виводи зарядних резисторів 4, 5 підключені до виводів першого 11 та другого 12 конденсаторів та других виводів керуючих ключів 6, 7, а другі виводи конденсаторів 11, 12 підключені до других виводів низьковольтних обмоток 8, 9 імпульсного трансформатора 10, причому другий вивід конденсатора 11 підключений до початку обмотки 8, а другий вивід конденсатора 12 підключений до кінця обмотки 9. (на Фіг.1 початок обмоток відмічено жирною крапкою). Виводи високовольтної обмотки 13 імпульсного трансформатора 10 підключені безпосередньо до електродів 14 джерела плазми (плазмотрона). Входи керування ключами 6, 7 підключені відповідно до першого та другого виводів блоку керування 2.

На Фіг.2 суцільною лінією зображені амплітудно-часові співвідношення сигналів запропонованого імпульсного джерела плазми, та для порівняння - пунктирною лінією зображені аналогічні співвідношення джерела плазми, описаного в прототипі. Літерою А означена форма сигналу на виході генератора імпульсів винаходу (вихід блоку 1 на Фіг.1); Літерою Б - форма сигналу на першому виході блоку керування 2; Літерою В - форма сигналу на другому виході блоку керування 2; Літерою Г - форма сигналу на другому виводі резистора 4; Літерою Д - форма сигналу на другому виводі резистора прототипу; Літерою Ж - форма сигналу на другому виводі резистора 5; Літерою З - форма сигналу на виводах високовольтної обмотки 13, або на електродах 14 плазмотрона; Літерою Е - форма сигналу на виводах високовольтної обмотки, або на електродах прототипу; Літерою К - рівень заряду конденсатора прототипу; Літерою Л - рівень заряду конденсатора 11; Літерою М - різниця рівнів заряду конденсатора прототипу та конденсатора 11 при однаковій частоті генератора імпульсів запуску винаходу та прототипу.

Опис роботи імпульсного джерела плазми (живлення плазмотрону). (Для спрощення розглядається варіант двох заряд-розрядних ланцюжків).

В початковому стані, в момент включення імпульсного джерела плазми, керуючі ключі 6 та 7 розімкнуті. Конденсатори 11 та 12 заряджаються напругою від джерела постійного струму 3 (див. діаграми Г, Ж на Фіг.2). На виводах високовольтної обмотки 13 імпульсного трансформатора 10 напруга відсутня і, відповідно, у міжелектродному проміжку відсутні носії електричних зарядів. Імпульс з виходу генератора імпульсів 1 (див. діаграми А на Фіг.2) проходить через блок керування 2 на його перший вихід (див. діаграми Б на Фіг.2). В цей момент замикається перший управляючий ключ 6, перший конденсатор 11 розряджається через замкнутий управляючий ключ 6 та першу низьковольтну обмотку 8 імпульсного трансформатора 10. На виводах високовольтної обмотки 13 імпульсного трансформатора 10 з'являється висока напруга (див. діаграми З на Фіг.2), яка викликає іскровий пробій та появу плазмової хмари в міжелектродному проміжку джерела плазми (плазмотрона) 14. По закінченні імпульсу з першого виходу блоку керування 2 керуючий ключ 6 розмикається і конденсатор 11 починає заряджатися від джерела

постійного струму 3. Наступний, другий імпульс, з виходу генератора імпульсів 1 проходить на другий вихід блоку керування 2 (див. діаграму В на Фіг.2). В цей момент замикається керуючий ключ 7, конденсатор 12 розряджається через замкнутий керуючий ключ 7 та другу низьковольтну обмотку 9 імпульсного трансформатора 10. Через те, що обмотка 9 включена протилежно обмотці 8, на виводах високовольтної обмотки 13 імпульсного трансформатора 10 з'являється висока напруга оберненої полярності (див. діаграми 3 на Фіг.2). Внаслідок цього електроди плазмотрона змінюють полярність - анод плазмотрону на час розряду конденсатора 12 стає катодом, а катод - анодом. Незважаючи на це, висока напруга з високовольтної обмотки 13 імпульсного трансформатора 10 викликає появу чергової плазмової хмари в міжелектродному проміжку джерела плазми (плазмотрона). Керуючий ключ 7 розмикається і конденсатор 12 починає заряджатися від джерела постійного струму 3. Третій імпульс з виходу генератора імпульсів 1 проходить на перший вихід блоку керування 2 (див. діаграми Б на Фіг.2), замкне у керуючий ключ 6, конденсатор 11 розрядиться через низьковольтну обмотку 8 імпульсного трансформатора 10, що викликає появу чергової порції плазми. Процес плазмоутворення, як він описаний вище, буде продовжуватися до тих пір, поки працює генератор імпульсів 1.

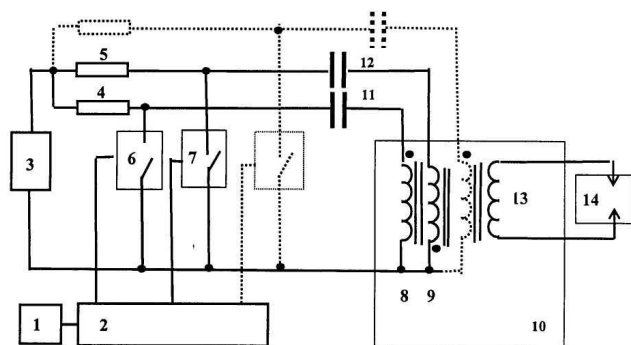
Таким чином, імпульсне джерело плазми (живлення плазмотрону), у порівнянні з відомим джерелом-прототипом, при постійній величині напруги на виході джерела постійного струму, дозволяє в n -разів (n -число заряд-розрядних ланцюжків) збільшити інтенсивність плазмоутворення та забезпечує рівномірне спрацювання катода та анода плазмотрона, що підвищує термін служби імпульсного джерела плазми в цілому. Крім того, послідовне підключення заряд-розрядних ланцюжків дозволяє при збільшенні щільності розрядного часу збільшити час заряду і, відповідно, зменшити струм заряду конденсаторів в n -разів без зменшення величини їх напруги (підвищити коефіцієнт корисної дії імпульсного джерела плазми).

Це наглядно демонструють наведені на Фіг.2 амплітудно-часові співвідношення сигналів запропонованого джерела плазми і джерела, описаного в прототипі - (див. діаграми Д і Е). Як впливає з діаграми Д, при однаковій частоті генератора імпульсів та вихідній напрузі джерела постійного струму конденсатор прототипу заряджається (час заряду дорівнює періоду генератора імпульсів) до рівня напруги К (U_k), тоді як конденсатор в запропонованому джерелі плазми заряджається (час заряду дорівнює тривалості n періодів генератора імпульсів) до більшого рівня напруги Л (U_l). Відповідно, різниця цих напруг позначена літерою М. Через те, що енергія іскрового пробію пропорційна квадрату рівня напруги, параметри імпульсу плазмоутворення в прототипі (показані пунктирною лінією Е) суттєво менші параметрів імпульсу плазмоутворення запропонованого джерела плазми, який показано суцільною лінією З, (зменшення напруги на конденсаторі на 30% приводить до

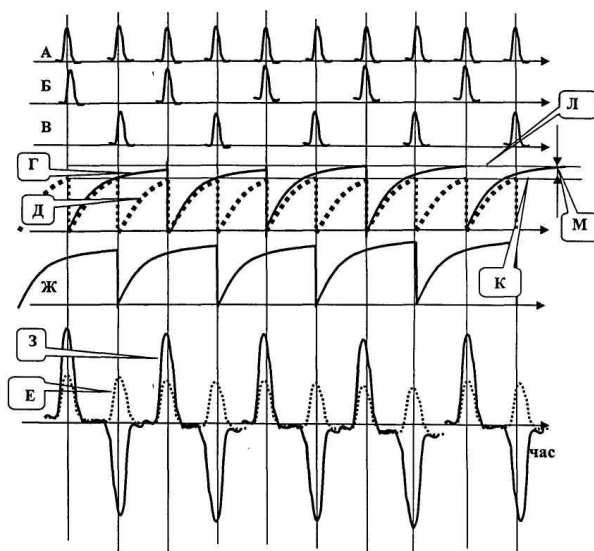
двохкратного зменшення енергії плазмоутворення).

Слід зазначити, що запропоноване імпульсне джерело плазми може бути успішно використане не тільки для виконання плазмових процесів зва-

рювання, різання, напилення та наплавлення металів, а і знайти застосування в генераторах озону та системах утилізації шкідливих та отруйних органічних речовин.



Фиг.1



Фиг.2