



УКРАЇНА

(19) UA (11) 21356 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B23K 11/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ КОНТАКТНОГО ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

1

2

(21) u200609671

(22) 08.09.2006

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. № 3, 2007 р.

(72) Паеранд Юрій Едуардович, Бондаренко  
Олександр Федорович(73) ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для керування процесом контактного точкового зварювання, що містить джерело зварювального струму, регулятор зварювального струму, датчики зварювального струму і напруги між електродами, підключені до входів блока множення, перший інтегратор і перший задатчик, з'єднані з входами першого компаратора, блок керування, перший і другий виходи якого підключені до керуючих входів першого і другого інтеграторів, другий задатчик і блок порівняння, два електронні ключі, буферний підсилювач, третій інтегратор і послідовно з'єднані третій задатчик і другий компаратор, регулятор зварювального струму, включений у вторинне коло джерела зварювального струму, керуючий вхід регулятора зварювального струму через буферний підсилювач з'єднаний з виходом блока порівняння, перший вхід якого з'єднаний з першим

виходом блока множення, другий вихід якого з'єднаний через перший електронний ключ з входом першого інтегратора, вихід першого компаратора з'єднаний з першим входом блока керування, третій, четвертий, п'ятий і шостий входи якого з'єднані з керуючими входами буферного підсилювача, третього інтегратора, першого електронного ключа і другого компаратора, вихід другого задатчика через послідовно з'єднані другий електронний ключ, другий і третій інтегратори з'єднані з другими входами блока порівняння і другого компаратора, вихід якого з'єднаний з керуючим входом другого електронного ключа, четвертий задатчик закону зміни порогової міжелектродної напруги і другий блок порівняння, причому один з входів останнього підключений до виходу датчика напруги між електродами, другий вхід підключений до четвертого задатчика закону зміни порогової міжелектродної напруги, який відрізняється тим, що розривають зв'язок між другим блоком порівняння і блоком керування і створюють новий зв'язок, підключаючи вихід другого блока порівняння до другого входу другого електронного ключа.

Корисна модель відноситься до зварювального виробництва, а саме до пристроїв для керування процесом контактного точкового зварювання, і може бути використаний в електронній промисловості і приладобудуванні для автоматичного керування режимом електронагріву, переважно малогабаритних деталей.

Відомий пристрій для керування процесом контактного точкового зварювання, що містить джерело зварювального струму, регулятор зварювального струму, датчики зварювального струму і напруги між електродами, підключені до входів блока множення, перший інтегратор і перший задатчик, з'єднані з входами першого компаратора, блок керування, перший і другий виходи якого підключені до входів, що управляють,

першого і другого інтеграторів, другий задатчик і блок порівняння, два електронні ключі, буферний підсилювач, третій інтегратор і послідовно з'єднані третій задатчик і другий компаратор, регулятор зварювального струму, включений у вторинне коло джерела зварювального струму, вхід, що керує, регулятора зварювального струму, через буферний підсилювач з'єднаний з виходом блока порівняння, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом блока множення, другий вихід якого з'єднаний через перший електронний ключ з входом першого інтегратора, вихід першого компаратора з'єднаний з першим входом блока керування, третій, четвертий, п'ятий і шостий входи якого з'єднані з входами, що управляють, буферного підсилювача, третього інтегратора, першого електронного ключа і другого

(13) U

(11) 21356

(19) UA

компаратора, вихід другого задатчика через послідовно з'єднані другий електронний ключ, другий і третій інтегратори з'єднані з другими входами блока порівняння і другого компаратора, вихід якого з'єднаний з входом, що керує, другого електронного ключа, четвертий задатчик закону зміни порогової міжелектродної напруги і другий блок порівняння, причому один з входів останнього підключений до виходу датчика напруги між електродами, другий вхід підключений до четвертого задатчика закону зміни порогової міжелектродної напруги, а вихід з'єднаний з входом блока керування [А.С. 1281357 СССР, МКИ В23К11/24. Устройство для управления процессом, контактной точечной сварки. / В.Е. Атауш, В.П. Леонов, Э.В. Бумбиерис и Е.С. Луцук. - Опубл. 07.01.1987, Бюл. №1].

Недоліком відомого пристрою є те, що в ньому відсутня можливість фіксувати значення потужності зварювального струму в момент досягнення міжелектродною напругою порогового значення і далі витримувати його на постійному рівні. У зв'язку з цим є ймовірність виникнення несправу або виплискувань розплавленого металу і не завжди вдається отримати бажану якість зварних з'єднань.

Технічною задачею корисної моделі є створення такого пристрою для керування процесом контактного точкового зварювання, в якому за рахунок керування другим електронним ключем по сигналу з виходу другого блока порівняння з'являється можливість фіксувати значення потужності зварювального струму в момент досягнення міжелектродною напругою порогового значення і далі витримувати його на постійному рівні.

Поставлена задача досягається тим, що у відомому пристрої для керування процесом контактного точкового зварювання, що містить джерело зварювального струму, регулятор зварювального струму, датчики зварювального струму і напруги між електродами, підключені до входів блока множення, перший інтегратор і перший задатчик, з'єднані з входами першого компаратора, блок керування, перший і другий виходи якого підключені до входів, що управляють, першого і другого інтеграторів, другий задатчик і блок порівняння, два електронні ключі, буферний підсилювач, третій інтегратор і послідовно з'єднані третій задатчик і другий компаратор, регулятор зварювального струму, включений у вторинне коло джерела зварювального струму, вхід, що керує, регулятора зварювального струму, через буферний підсилювач з'єднаний з виходом блока порівняння, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом блока множення, другий вхід якого з'єднаний через перший електронний ключ з входом першого інтегратора, вихід першого компаратора з'єднаний з першим входом блока керування, третій, четвертий, п'ятий і шостий входи якого з'єднані з входами, що управляють, буферного підсилювача, третього інтегратора, першого електронного ключа і другого компаратора, вихід другого задатчика через послідовно з'єднані другий електронний ключ, другий і третій інтегратори з'єднані з другими

входами блока порівняння і другого компаратора, вихід якого з'єднаний з входом, що керує, другого електронного ключа, четвертий задатчик закону зміни порогової міжелектродної напруги і другий блок порівняння, причому один з входів останнього підключений до виходу датчика напруги між електродами, другий вхід підключений до четвертого задатчика закону зміни порогової міжелектродної напруги, згідно корисної моделі розривають зв'язок між другим блоком порівняння і блоком керування і створюють новий зв'язок, підключаючи вихід другого блока порівняння до другого входу другого електронного ключа.

На Фіг.1 зображена структурна блок-схема пропонованого пристрою. Пристрій для керування процесом контактного точкового зварювання містить джерело зварювального струму 1, регулятор зварювального струму 2 на керованих транзисторах 3, зварювальний контур 4 із зварювальними електродами 5 і зварюваними деталями 6, датчики зварювального струму 7 і напруги 8 на електродах, виходи яких з'єднані з входами блока множення 9, перший електронний ключ 10, перший інтегратор 11 з першим ключем 12, перший задатчик 13 необхідний енергії для зварювання, перший компаратор 14, другий задатчик 15 швидкості наростання потужності зварювального струму, другий електронний ключ 16, другий інтегратор 17 з другим ключем 18, третій інтегратор 19 з третім ключем 20, блок запуску 21, блок керування 22, перший блок порівняння 23, третій задатчик 24 максимального значення потужності зварювального струму, другий компаратор 25 і буферний підсилювач 26, четвертий задатчик 27 закону зміни порогової міжелектродної напруги і другий блок порівняння 28.

Призначення окремих блоків пристрою наступне. Датчики 7 і 8 призначені, відповідно, для вимірювання зварювального струму  $I_{зв}$  і напруги  $U_{зв}$  між електродами. Блок множення 9 перемножує  $I_{зв}$  і  $U_{зв}$ , видаючи сигнал про миттєве значення (поточне) потужності зварювального струму на перший вхід блока порівняння 23 і через перший електронний ключ 10 на вхід першого інтегратора 11. Останній формує сигнал, пропорційний енергії, що введена між електродами, і подає його на перший компаратор 14, який порівнює його із заданим значенням енергії зварювання, що поступає з першого задатчика 13. Інтегрування потужності здійснюється протягом часу  $t_{зв} = t_{\phi} + t_{п}$ , де  $t_{зв}$  - тривалість всього процесу зварювання;  $t_{\phi}$  - тривалість фронту наростання потужності зварювального струму до максимального значення  $P_{звmax}$ ,  $t_{п}$  - тривалість підтримки потужності зварювального струму на постійному рівні. Послідовно з'єднані другий задатчик 15 швидкості наростання потужності зварювального струму, через другий електронний ключ 16, другий 17 і третій 19 інтегратори задають закон квадратичного наростання потужності зварювального струму. При цьому, другим задатчиком 15 задається швидкість наростання потужності зварювального струму, а, отже, і тривалість фронту наростання  $t_{\phi}$ . Третім

здатчиком 24 задається максимальна потужність зварювального струму  $P_{зв\max}$ ; після досягнення якої другий електронний ключ 16 розмикається і з виходу третього інтегратора 19 від цього моменту часу знімається постійний сигнал, пропорційний  $P_{зв\max}$ . Тривалість  $t_1$  визначається пропорційно різницею між загальною енергією  $W_{зв\text{зад}}$  і виділеною енергією за час фронту наростання  $t_f$  потужності зварювального струму до  $P_{зв\max}$ . Ключі 12, 18 і 20 служать для розряду інтегруючих конденсаторів, перший електронний ключ 10 - для підключення і відключення першого інтегратора 11 від блока множення 9, а другий електронний ключ 16 - для відключення другого задатчика 15 від другого і третього інтеграторів 17 і 19. Блок запуску 21 включає блок керування 22, який керує першим електронним ключем 10 і ключами 12, 18 і 20, буферним підсилювачем 26 і другим компаратором 25, який порівнює поточне значення потужності зварювального струму, що задається, з виходу третього інтегратора 19 із заданим значенням  $P_{зв\max}$  із задатчика 24 і за умови рівності цих сигналів розмикає електронний ключ 16. Перший блок порівняння 23 порівнює сигнал про поточне значення потужності зварювального струму з виходу блока множення 9 з сигналом з виходу послідовно з'єднаних другого і третього інтеграторів 17 і 19, що формують сигнал, який задає, миттєве значення і закон зміни потужності зварювального струму. Буферний підсилювач 26 призначений для посилення різницевого сигналу, що знімається з блока 23, до рівня, споживаного вхідними ланцюгами регулятора зварювального струму 2, виконаного на керованих транзисторах 3, які комутують зварювальний струм від джерела живлення 1 відповідно до закону зміни потужності зварювального струму  $P_{зв}$ , що задається. У другому блоці порівняння 28 відбувається безперервне порівняння сигналів поточної міжелектродної напруги  $U_{зв}$  що поступає з датчика 8, і порогової міжелектродної напруги, який поступає із задатчика 27. В момент, коли ці сигнали зрівнюються блок порівняння 28 подає сигнал на розмикання електронного ключа 16.

Пристрій працює таким чином.

Від педалі механізму стискування через релейний елемент (на Фіг.1 не показані) вмикається блок запуску 21, який вмикає блок керування 22. Далі з блока керування 22 подається сигнал дозволу роботи на буферний підсилювач 26. Одночасно блок керування виробляє і подає сигнали, на ключі 12, 18 і 20 і перший електронний ключ 10. При цьому вмикаються перший 11, другий 17 і третій 19 інтегратори. Після цього з другого задатчика 15 подається сигнал через другий електронний ключ 16 (початковий стан ключа замкнутий) на послідовно з'єднані другий 17 і третій 19 інтегратори і з виходу третього інтегратора 19 на перший блок порівняння 23. Далі з першого блока порівняння 23 подається сигнал на буферний підсилювач 26, а з нього - на регулятор зварювального струму 2. При цьому в зварювальному (силовому) контурі 4 починає протікати зварювальний струм. Величина зварювального струму  $I_{зв}$  в зварювальному

контурі 4 і напруга  $U_{зв}$  між електродами 5 вимірюються відповідно датчиками 7 і 8. Після включення зварювального струму блок множення 9, вхідними сигналами якого є сигнали, пропорційні зварювальному струму  $I_{зв}$  з датчика 7 і напрузі  $U_{зв}$  між електродами 5 з датчика 8, перемножує ці сигнали. На виході блока множення 9 формується сигнал, пропорційний значенню миттєвої потужності зварювального струму. З одного виходу блока множення 9 сигнал про миттєву потужність зварювального струму подається на перший інтегратор 11, а з іншого виходу - на один з входів в перший блок порівняння 23. З моменту ввімкнення зварювального струму з другого задатчика 15 подається опорна напруга  $U_{зад}$  через другий електронний ключ 16 на вхід другого інтегратора 17 і з його виходу - на вхід третього інтегратора 19. Таким чином, на виході третього інтегратора 19 формується квадратично-наростаюча напруга, що задає закон зміни потужності зварювального струму в зварювальному контурі 4. З виходу третього інтегратора 19 сигнал у вигляді квадратичної залежності  $K_1 \cdot U_{зад}^2 \cdot dt$  (де  $K_1$  - коефіцієнт пропорційності) подається на другий вхід першого блока порівняння 23 для виділення різниці з сигналом, що поступає з блока множення 9. Різницевий сигнал, що є відхиленням дійсного значення потужності зварювального струму від заданого значення, поступає на буферний підсилювач 26, де він формується і подається на керований транзистор 3 регулятора зварювального струму 2. При цьому регулятор зварювального струму зменшує або збільшує зварювальний струм в контурі таким чином, щоб потужність зварювального струму наростала за квадратичним законом.

З самого початку процесу з датчика 8 поступає сигнал, пропорційний поточній міжелектродній напрузі на другий блок порівняння 28, де він постійно порівнюється з програмою порогової міжелектродної напруги  $U_{пор}$  що поступає з четвертого задатчика 27. Програма порогової міжелектродної напруги може бути довільною. В даному випадку вона являє собою постійний рівень напруги, який знаходиться в інтервалі між напругою плавлення і напругою кипіння. У момент досягнення поточною міжелектродною напругою  $U_{зв}$  порогової напруги  $U_{пор}$  з'являється сигнал на виході блока порівняння 28, який розмикає другий електронний ключ 16. Після цього другий і третій інтегратори 17 і 19 запам'ятовують і підтримують до кінця зварювання рівень сигналу з виходу третього задатчика 24, тобто потужність зварювального струму в контурі витримується далі протягом часу  $t_1$  на рівні, що відповідає моменту коли поточна і задана міжелектродні напруги зрівнялися. У разі, якщо під дією будь-яких впливів (розміри зварюваних деталей, різна якість, їх підготовки, зміна стану робочих поверхонь електродів і ін.) поточна міжелектродна напруга  $U_{зв}$  не досягне порогової міжелектродної напруги  $U_{пор}$ , сигнал на виході третього інтегратора 19 досягне рівня, відповідного максимальному значенню потужності зварювального струму  $P_{зв\max}$  який встановлюється третім задатчиком 24. При

цьому компаратор 25 подає сигнал на розмикання другого електронного ключа 16. Після чого другий і третій інтегратори 17 і 19 запам'ятовують і підтримують до кінця зварювання рівень сигналу, заданого за допомогою третього задатчика 24, тобто потужність зварювального струму в колі витримується на заданому максимальному рівні  $P_{3B\max}$  протягом часу  $t_{\Gamma}$ . Одночасно з ввімкненням зварювального струму і першого електронного ключа 10 перший інтегратор 11 проводить інтегрування сигналу, пропорційного поточному значенню потужності зварювального струму, що поступає з виходу блока множення 9. Інтегрування проводиться протягом часу, що дорівнює тривалості зварювального імпульсу, тобто  $t_{3B}$ :

$$W_{3B} = K_2 \cdot \int_0^{t_{3B}} P_{3B} dt = \frac{1}{RC} \cdot \int_0^{t_{3B}} P_{3B} dt ,$$

де  $K_2$  - коефіцієнт пропорційності;

$W_{3B}$  - енергія, що виділилася між електродами;

$P_{3B} = I_{3B} U_{3B}$  - поточне значення миттєвої потужності;

$RC$  - постійна часу зарядного ланцюга інтегратора.

Таким чином, на виході першого інтегратора 11 формується сигнал, пропорційний виділеній енергії між електродами, який подається на перший вхід першого компаратора 14. Другий сигнал на перший компаратор 14 подається з першого задатчика 13, яким задається величина енергії, необхідної для зварювання  $W_{3B}$ . Після досягнення сигналом з виходу першого інтегратора 11 заданого значення з першого задатчика 13 перший компаратор 14 подає сигнал в блок керування 22, який дає команду заборони роботи на буферний підсилювач 26. При цьому зварювальний струм вимикається. Одночасно з тим, як енергія зварювання  $W_{3B}$  досягне значення заданого першим задатчиком 13, перший компаратор 14 подає команду на блок керування 22, останній дає команду на розмикання електронного ключа 10 і замикання ключів 12, 18 і 20. При цьому перший 10, другий 17 і третій 19 інтегратори повертаються в початковий стан. Блок керування 22 повертає також компаратор 25 в початковий стан, який знову замикає другий електронний ключ 16 (початковий стан ключа замкнутий).

Таким чином, пристрій повертається в початковий стан і готовий до наступного циклу зварювання.

Приклад використання пристрою.

Пристрій використовувався для зварювання циліндричних резонаторів коливальних систем електромеханічних фільтрів з елінварного сплаву 44НХМТ діаметром 3мм з дротом 42НХТЮА діаметром 0,22мм. Для зварювання використовувалися наступні режими: енергія зварювального імпульсу  $W_{3B} = 0,5 \text{ Дж}$ , порогове значення міжелектродної напруги  $U_{\text{пор}} = 1,4 - 1,6 \text{ В}$ ; тривалість фронту  $t_{\phi} = 0,5 - 1,2 \text{ мс}$ ; тривалість процесу зварювання  $t_{3B} = 1 - 2 \text{ мс}$ , амплітуда потужності зварювального струму  $P_{3B\max} = 300 - 550 \text{ Вт}$ . Після проведення серії експериментальних зварювань, були підібрані оптимальні режими, які дозволили отримати найкращу якість зварних з'єднань (порогове значення міжелектродної напруги  $U_{\text{пор}} \approx 1,5 \text{ В}$ ; тривалість фронту  $t_{\phi} \approx 0,7 \text{ мс}$ ; тривалість процесу зварювання  $t_{3B} \approx 1,5 \text{ мс}$ ; амплітуда потужності зварювального струму  $P_{3B\max} \approx 450 \text{ Вт}$ ). Основною характеристикою коливальних систем електромеханічних фільтрів є амплітудно-частотна характеристика. Її нерівномірність у смузі пропускання фільтру істотно залежить від якості зварних з'єднань. Підвищення повторюваності зварних з'єднань при порівнянні пропонованого способу із прототипом виявилось зменшенням нерівномірності амплітудно-частотної характеристики електромеханічних фільтрів в середньому на 20%. Це позитивно позначається на технологічному процесі виробництва фільтрів, оскільки фільтри, що відповідають вимогам по нерівномірності амплітудно-частотної характеристики, надалі не вимагають самої трудомісткої операції - налаштування.

Таким чином, використання пропонованого пристрою для керування процесом контактного точкового зварювання дозволяє, завдяки можливості фіксувати значення потужності зварювального струму в момент досягнення міжелектродною напругою порогового значення і далі витримувати його на постійному рівні, покращити якість зварного з'єднання, а також підвищити повторюваність параметрів цього з'єднання.

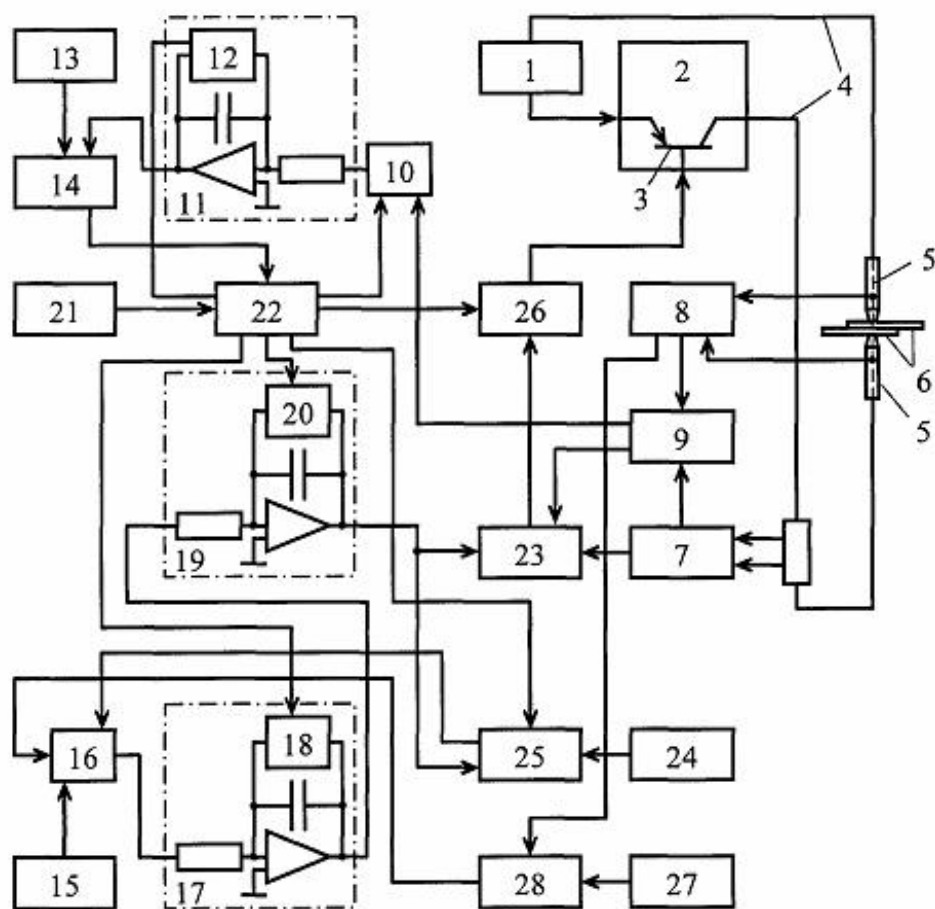


Fig. 1