



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61045 (13) U
(51) МПК
H02M 3/22 (2006.01)
B23K 9/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЗВАРЮВАЛЬНИЙ

1

(21) u201013954

(22) 23.11.2010

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) ПАВЛОВ ГЕННАДІЙ ВІКТОРОВИЧ, ОБРУБОВ
АНДРІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ, ПОКРОВСЬКИЙ МИХАЙ-
ЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ, НІКІТИНА ОЛЕНА ВОЛО-
ДИМИРІВНА, ЩЕРБІНІН ТИМОФІЙ ВОЛОДИМИ-
РОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕ-
БУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

(57) 1. Перетворювач зварювальний, який містить джерело енергії обертового руху, переважно двигун транспортного засобу, кінематично зв'язане із двообмотковим генератором змінного струму з випрямлячем, до виходів якого паралельно підключено щонайменше один автономний імпульсний перетворювач змінного струму у постійний струм та двотактний перетворювач частоти змінного струму, електрично сполучений з ними блок управління, з'єднаний з акумулятором, який **відрізняється** тим, що до виходів двотактного перет-

2

ворювача змінного струму послідовно підключено резонансний осцилятор, а перетворювач змінного струму у постійний струм виконаний на основі резонансного інвертора.

2. Перетворювач зварювальний за п. 1, який **відрізняється** тим, що резонансний осцилятор містить мережевий ємнісний фільтр, підключений до діагоналі транзисторного мосту інвертора, у другу діагональ якого включено первинну обмотку імпульсного трансформатора із підключеною паралельно до неї резонансною ємністю, до вторинної обмотки імпульсного трансформатора послідовно підключено фільтруючу індуктивність, паралельно вторинній обмотці імпульсного трансформатора та фільтруючій індуктивності підключено розрядний пристрій, паралельно якому включено фільтруючу ємність та первинну обмотку розв'язуючого трансформатора, вторинна обмотка якого включена послідовно після LC-фільтра, утвореного послідовно-паралельним з'єднанням конденсаторів та індуктивностей, а транзистори мосту інвертора підключені до синхронної системи управління.

Корисна модель належить до перетворювальної техніки в галузі електрообладнання, зокрема до мобільних електричних зварювальних агрегатів, та може бути застосована для зварювання сталі різних марок, а також алюмінію.

Відомо про перетворювач універсальний мобільний зварювальний [Патент World Office W99/61193 B23K9/00, 9/10, 02.12.1999], який містить джерело енергії обертового руху, переважно двигун транспортного засобу, кінематично зв'язане із двообмотковим генератором змінного струму з випрямлячем, щонайменше один автономний імпульсний перетворювач змінного струму у постійний струм і електрично сполучений з ним блок управління, що живиться від акумулятора. Даний пристрій підтримує лише режим зварювання на постійному струмі та не дає можливості зварювання металів, вкритих оксидною плівкою, зокрема алюмінію. Застосування в ньому імпульсного перетворювача погіршує умови електромагнітної сумісності в мережі та не дає можливості підключення іншого електроінструменту до генератора під час роботи зварювального агрегату.

Найбільш близьким до запропонованого технічного рішення є перетворювач мобільний зварювальний [Патент України на корисну модель UA №9944 B23K9/00, бюл. №10, 17.10.2005], який містить джерело енергії обертового руху, переважно двигун транспортного засобу, кінематично зв'язане із двообмотковим генератором змінного струму з випрямлячем, щонайменше один автономний імпульсний перетворювач змінного струму у постійний струм, двотактний перетворювач частоти змінного струму, і електрично сполучений з ними блок управління, що живиться від акумулятора. Даний пристрій підтримує режим зварювання на змінному струмі, але також не ефективний при зварюванні металів, вкритих оксидною плівкою. Завдяки вдосконаленій системі управління дещо покращуються умови електромагнітної сумісності мережі.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення перетворювача зварювального, в

U
(13)

61045
(11)

UA
(19)

якому шляхом застосування додаткового пристрою забезпечується руйнування оксидної плівки алюмінію, що дозволяє збільшити обсяг зварювальних матеріалів, а також збільшити ККД перетворювальної схеми.

Поставлена задача вирішується тим, що у перетворювачі зварювальному, який містить джерело енергії обертового руху, переважно двигун транспортного засобу, кінематично зв'язане із двообмотковим генератором змінного струму з випрямлячем, до виходів якого паралельно підключено щонайменше один автономний імпульсний перетворювач змінного струму у постійний струм та двотактний перетворювач частоти змінного струму, електрично сполучений з ними блок управління, з'єднаний з акумулятором, згідно з корисною моделлю, до виходів двотактного перетворювача змінного струму послідовно підключено резонансний осцилятор, а перетворювач змінного струму у постійний струм виконаний на основі резонансного інвертора.

У перетворювачі зварювальному, згідно з корисною моделлю, резонансний осцилятор містить мережевий ємнісний фільтр, підключений до діагоналі транзисторного мосту інвертора, у другу діагональ якого включено первинну обмотку імпульсного трансформатора із підключеною паралельно до неї резонансною ємністю, до вторинної обмотки імпульсного трансформатора послідовно підключено фільтруючу індуктивність, паралельно вторинній обмотці імпульсного трансформатора та фільтруючій індуктивності підключено розрядний пристрій, паралельно якому включено фільтруючу ємність та первинну обмотку розв'язуючого трансформатора, вторинна обмотка якого включена послідовно після LC-фільтра, утвореного послідовно-паралельним з'єднанням конденсаторів та індуктивностей, а транзистори мосту інвертора підключені до синхронної системи управління.

Функція осцилятора складається в накладенні на зварювальну напругу високовольтних (1...3 кВ) імпульсів з рівномірною послідовністю й середньою частотою 300...1000 Гц, або пачок імпульсів, синхронізованих із частотою мережі. Імпульси викликають іскрові розряди в зоні зварювання, що руйнують оксидну плівку на алюмінії й підпалюють зварювальну дугу в кожному півперіоді напруги. Осцилятор дозволяє в широких межах регулювати частоту проходження імпульсів, частоту й фазу пачок імпульсів, стабілізувати параметри імпульсів при зміні живильної напруги. Виконання осцилятора та перетворювача змінного струму у постійний струм на основі резонансного інвертора з послідовно-паралельним резонансним контуром (ППРК) дозволяє підвищити ККД перетворювальної схеми до 94 % порівняно із 87 % прототипу, зменшити габарити зварювального агрегату приблизно на 15 % та поліпшити умови електромагнітної сумісності в мережі.

На фіг. 1 подано блок-схему зварювального агрегату, на фіг. 2 - принципову електричну схему резонансного осцилятора, на фіг. 3 - осцилограми резонансного струму та напруги на виході інвертора осцилятора у масштабі 100 мкс/под., на фіг. 5 -

осцилограми резонансного струму та напруги на виході інвертора осцилятора у масштабі 5 мкс/под.

Зварювальний агрегат (фіг. 1) містить джерело енергії обертового руху (двигун внутрішнього згоряння) 1, на валу якого розміщений синхронний трифазний генератор змінного струму 2, до виходів якого паралельно підключені двотактний перетворювач частоти змінного струму 3, перетворювачі змінного струму у постійний на основі ППРК 4 та 5. Послідовно до виходів перетворювача 3 підключений резонансний осцилятор 6. Локальні системи управління перетворювачів 3, 4, 5 та осцилятора 6 з'єднані із загальною системою управління 7 за допомогою шини I2C, загальна система управління 7 та інвертор осцилятора 6 отримують живлення від акумулятора 8. Резонансний осцилятор (фіг. 2) містить блок регулятора (БР) 9, з'єднаний із синхронною системою управління (ССУ) 10, живлення до яких надходить від внутрішнього блоку живлення (ВБЖ) 11. До виходів ССУ 10 приєднано транзисторний міст інвертора 12 за допомогою первинних обмоток трансформаторів TV1 та TV2, до вторинних обмоток яких паралельно підключені транзистори VT1 (через послідовно-паралельне з'єднання резисторів R4, R5), VT2 (через послідовно-паралельне з'єднання резисторів R6, R7) та VT3 (через послідовно-паралельне з'єднання резисторів R8, R9), VT4 (через послідовно-паралельне з'єднання резисторів R10, R11) відповідно. Міст інвертора 12 підключений до джерела живлення через паралельний ємнісний фільтр, утворений конденсаторами C3-C7, плавкий запобіжник FU1 та розмикачі S1.1-S1.2. В діагональ мосту інвертора 12 включені первинна обмотка трансформатора TV3, до вторинної обмотки якого послідовно підключений генератор імпульсів 13, який містить фільтруючу індуктивність L_{S2} , розрядний пристрій F1, підключений паралельно вторинній обмотці трансформатора TV3 та індуктивності L_{S2} . Паралельно розрядному пристрою F1 включені фільтруюча ємність C9 та первинна обмотка трансформатора TV4, вторинна обмотка якого включена послідовно після вихідного фільтра 14, утвореного послідовно-паралельним з'єднанням конденсаторів C10-C13 та індуктивностей L1, L2. Фільтр 14 включений послідовно між виходами двотактного перетворювача частоти змінного струму 3 та зварювальними електродами.

Міст інвертора експериментального зразка осцилятора реалізований на польових транзисторах VT1...VT4 типу IRFZ48N фірми International Rectifier. Як вхідна фільтруюча ємність служать чотири конденсатори C3...C6 (3300 мкф/63 В) (ООО "ЗВЭК "Прогресс"). Між плюсовою й мінусовою шинами живлення інвертора включені неполярні фільтруючі конденсатори C7 (фірми AVX серія FFB 110 мкф/75 В) і C8 4,7 мкф/63 В. Підвищувальний трансформатор TV3 виконаний на стрижневому феритовому сердечнику з відношенням витків первинної й вторинної обмоток 1:11. Первинна й вторинна обмотки намотані на різних стрижнях сердечника. Між обмотками й сердечником прокладений суцільний незамкнутий алюмінієвий електростатичний екран. Резонансний контур утворений вторинною обмоткою трансформатора TV3,

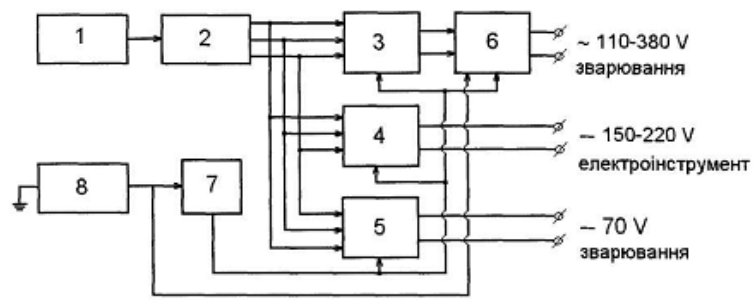
конденсатором С9 і первинною обмоткою трансформатора TV4. Резонансний контур має параметри: резонансна індуктивність $L_p \approx 16$ мГн, резонансна ємність $C_p = 9400$ пФ, добротність $Q \approx 30$, резонансна частота $f_0 \approx 13$ КГц. Ємність С9 складається із двох з'єднаних паралельно контурних конденсаторів типу КВИ-3 (ООО "ЗВЭК "Прогресс") 4700 пФ/5кВ. Індуктивність розсіювання трансформатора TV3 є резонансною й настраюється змінною розподілу витків первинної обмотки по стрижнях сердечника. Розрядний контур замикається через розрядник F1, ємність С9 і первинну обмотку TV4. Повітряний розрядник складається із трьох пар вольфрамових електродів діаметром 4 мм. Іскровий проміжок δ_i регулюється підпружиненим гвинтом, що переміщає заземлену рухливу групу електродів. Розділовий трансформатор TV4 з відношенням витків 1:1 намотаний на двох феритових кільцях (по 8 первинних і вторинних витків, покладених разом). Додатковий виток використовується для детектування іскри. Система управління та блок регуляторів побудовані на основі мікроконтролерів АТМед168 сімейства AVR фірми Atmel. Глобальну систему управління побудовано на основі мікроконтролера серії ARM фірми Atmel. Як джерело енергії оберտального руху використовувався двигун а/м ГА3-2105.

Під час роботи зварювального агрегату оберտальна енергія джерела 1 передається до генератора 2, на виходах якого генерується трифазна змінна напруга 380 В / 150 А. Дана напруга надходить на перетворювач частоти 3 та перетворювачі змінного струму у постійний 4 та 5, на виходах яких в залежності від уставок утворюється відповідно 110-380 В змінної однофазної напруги, 150-220 В постійної однофазної напруги та 70 В постійної однофазної напруги. Резонансний осцилятор 6 накладає на вихідну напругу перетворювача 3 високочастотні імпульси (1...3 кВ) з рівномірною послідовністю частотою 300...1000 Гц або пакки імпульсів, синхронізовані з частотою мережі. Режим роботи осцилятора 6, а також уставки для перетворювачів 3, 4, 5 визначаються загальною системою управління 7, яка отримує живлення від акумулятора 8. Під час роботи резонансного осцилятора 6 керування транзисторами мосту інвертора 12 здійснюється за допомогою ССУ 10, що реалізує правобічну ШІМ шляхом зрушення між перемиканнями транзисторів провідної й веденої стійки інвертора (VT1, VT2 й VT3, VT4 відповідно). ССУ 10 синхронізує моменти перемикання провідної стійки з переходами первинного резонансного струму через нуль, керуючі сигнали для транзисторів мосту 12 VT1, VT2, VT3, VT4 подаються через трансформатори TV1 та TV2 та подільники напруги на резисторах R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11 відповідно. Синхронізуючий сигнал береться від трансформатора струму ТА1. У ССУ 10

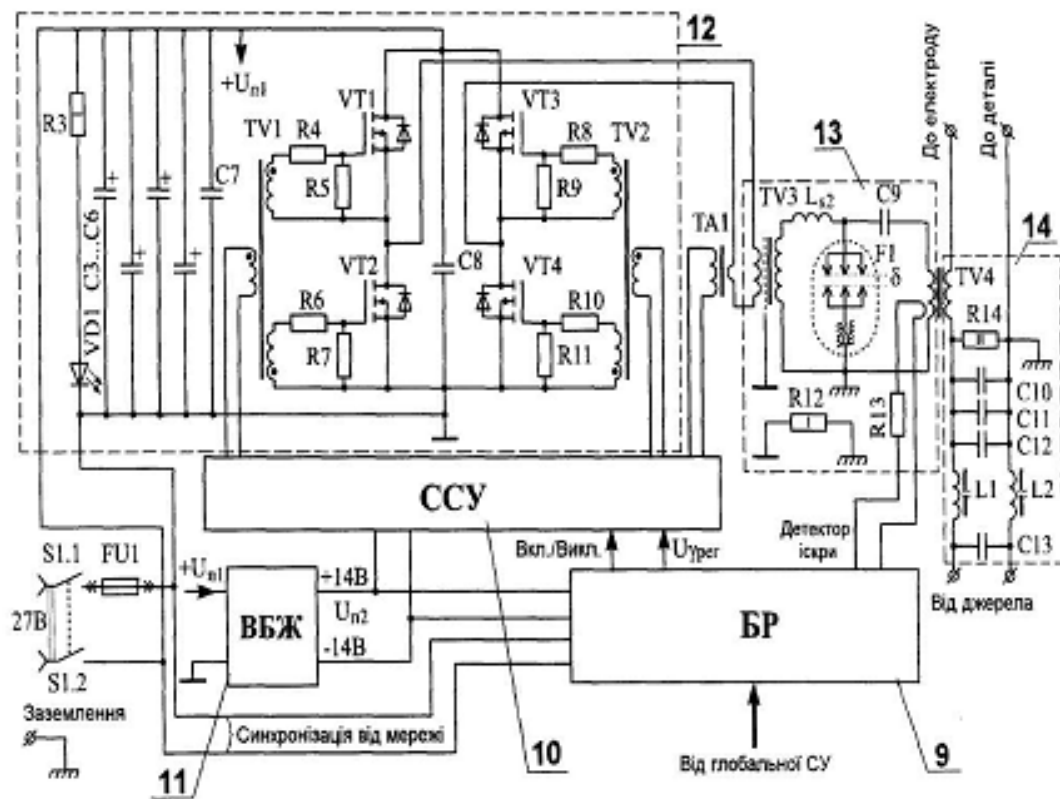
передбачене обмеження амплітуди резонансного струму на рівні 25 А. Режим роботи осцилятора 6 формуються й відслідковуються блоком регуляторів (БР) 9, який отримує дані про номер поточного режиму від глобальної СУ 8 за допомогою інтерфейсної шини I2C. Від БР 9 на ССУ 10 видаються сигнали керування шириною імпульсів інвертора $U_{\text{пер}}$ й включення інвертора (VT1, VT2, VT3, VT4). Зворотний зв'язок по частоті й фазі здійснюється за допомогою детектора іскри (на основі одновібратора) і витка зв'язку в роздільному трансформаторі TV4. Живлення електронних схем осцилятора стабільною напругою 14 В здійснюється від внутрішнього блока живлення (ВБЖ) 11 потужністю 25 Вт. Напруга живлення для мосту інвертора 12 подається від акумулятора 8 через ключі S1.1, S1.2, плавкий запобіжник FU1 та ємнісний фільтр С3-С7, який запобігає надходженню високочастотних імпульсів струму та напруги, що утворюються на транзисторах VT1, VT2, VT3, VT4 під час комутації, назад до мережі. Імпульси напруги для накладання на вихідну напругу перетворювача 3 генеруються в генераторі імпульсів 13 за допомогою розрядника F1 й резонансно-розрядної ємності С9 та передаються до вихідного фільтра 14 за допомогою трансформатора TV4. Вихідний фільтр 14 поліпшує якість вихідної напруги перетворювача 3 до накладання на неї імпульсів від генератора 13.

Експериментальний зразок зварювального агрегату, який включає резонансний осцилятор, дозволив виконувати зварювання алюмінію одночасно із свердлінням отворів ручним електродрилем, підключеним до виходу 220В постійної напруги. На фіг. 3 подано експериментальні осцилограми первинного резонансного струму i_p , напруги інвертора u_g , напруги на резонансно-розрядній ємності u_{Cp} й напруги на детекторі іскри u_{di} в момент розряду, отримані при наступних параметрах: часова шкала - 100 мкс/поділ., резонансний струм - 10 А/поділ., напруга - 20 В/поділ., на фіг. 4 - аналогічні осцилограми при масштабі часової шкали 5мкс/поділ. З осцилограм можна побачити, що струм у резонансному контурі має квазісинусоїдальну форму, що поліпшує умови комутації силових ключів осцилятора, включення силових вентилів відбувається за нульових значень струму, тобто досягаються оптимальні умови комутації.

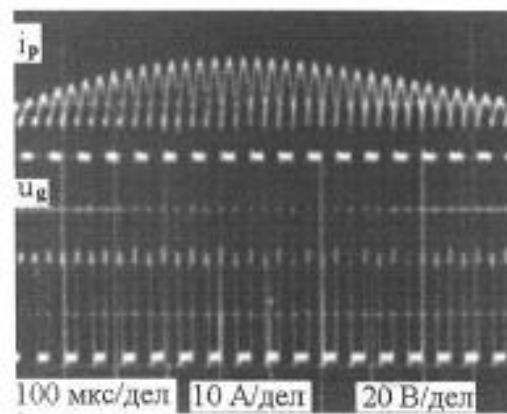
Таким чином, застосування резонансного осцилятора в складі зварювального агрегату дозволяє ефективно виконувати зварювання алюмінію на змінному струмі, а виконання перетворювачів змінного струму у постійний на основі ППРК поліпшує умови електромагнітної сумісності та дає можливість підключення до агрегату іншого електроінструменту під час зварювання, при цьому ККД перетворювальної схеми підвищується до 94 % за рахунок забезпечення включення силових вентилів за нульових значень струму.



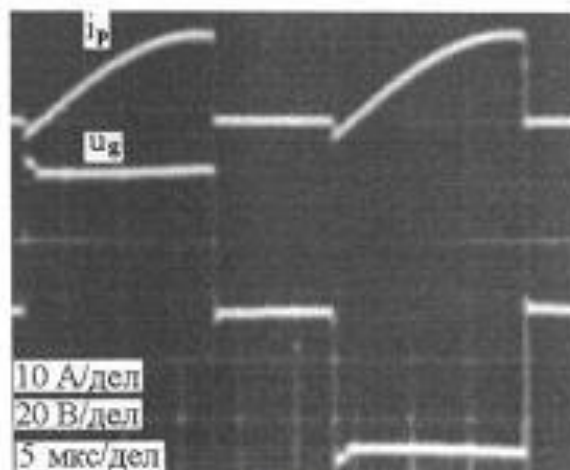
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4