

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ ЯК ЕНЕРГОНАКОПИЧУВАЧІВ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ КОНТАКТНОГО МІКРОЗВАРЮВАННЯ

В. О. Діденко, к. т. н. Є. В. Вербицький, к. т. н. О. Ф. Бондаренко

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ
bondarenkoaf@gmail.com

Поведено аналіз особливостей побудови джерел живлення для контактного мікрозварювання із застосуванням суперконденсаторів. Показано, що при побудові таких джерел для забезпечення високої якості зварних з'єднань і електромагнітної сумісності з мережею доцільно використовувати силовий перетворювач в контурі навантаження, що здійснює плавне регулювання зварювального струму, та проміжний накопичувач енергії на основі суперконденсаторів та buck-boost-перетворювача.

Ключові слова: контактне мікрозварювання, джерело живлення, накопичувач енергії, суперконденсатор, buck-boost-перетворювач.

Широкого застосування у промисловості для отримання надійних нероз'ємних з'єднань отримала технологія контактного мікрозварювання. Важливим функціональним елементом машини контактного мікрозварювання є силовий перетворювач, він формує імпульси струму у зварювальному контакті необхідної для зварювання форми, яка визначає якість отримуваних з'єднань [1]. Окрім високої точності формування параметрів імпульсів, не менш важливою вимогою до джерела живлення установок контактного зварювання є його електромагнітна сумісність з мережею, яка може забезпечуватись при використанні схемної топології з проміжним накопичувачем енергії на основі суперконденсаторів та багатофазним коректором коефіцієнту потужності [2, 3].

Відомо, що для нормальної роботи формувача імпульсів зварювального струму проміжний накопичувач енергії має забезпечувати напругу, вищу за 10 В [4]. Для формування такого рівня напруги суперконденсатори мають бути з'єднані в батарею, оскільки кожен елемент може забезпечити напругу, не більшу за 2,7 В [5]. Однак зазвичай через суттєвий розкид значень параметрів окремих елементів батареї суперконденсаторів напруга на них буде різною, що призводитиме до зменшення рівня енергії, яка надходить у навантаження. Не виключеним є також явище переполюсування елемента з найнижчим рівнем напруги, що буде призводити до виходу його з ладу [6].

Метою даної роботи є вибір найбільш перспективних схемних рішень для побудови джерела живлення для контактного мікрозварювання із застосуванням суперконденсаторів як енергонакопичувачів шляхом проведення аналізу функціональних можливостей і характеристик відомих схем.

В [5] авторами проведено детальний аналіз процесів розряду суперконденсаторів на зварювальний контакт. Рівень енергії, яка виділяється у зварювальному контакті, регулюється за рахунок зміни кількості паралельно з'єднаних суперконденсаторів. Даний метод має недолік — неможливість плавного регулювання енергії, яка вводиться у зварювальний контакт, тоді як в [4] зазначається, що для отримання якісного з'єднання потужність струму, що протікає через зварювальний контакт, має на початку процесу змінюватися за ступеневим законом. Для плавного регулювання рівня енергії в [4] пропонується застосовувати перетворювач, який має бути розташований між накопичувачем енергії та навантаженням. Залежно від конкретних вимог щодо точності регулювання зварювального струму такий перетворювач може працювати в імпульсному або в безперервному режимі [4, 7]. Також відомо, що активний опір зварювального контакту змінюється в процесі проходження імпульсу струму, однак дана особливість контакту не врахована в [5]. Необхідно також відзначити, що суперконденсатор в процесі зарядження-розрядження веде себе як нелінійний елемент, оскільки розряд накопичувального елемента проходить від максимальної робочої напруги до нуля [8]. Дану особливість також не враховувалась в [5].

Що стосується раніше згаданої проблеми забезпечення однакового рівня напруги на кожному накопичувальному елементі суперконденсаторної батареї, то вона може бути вирішена шляхом застосування пристрою вирівнювання напруг [6]. Проте метод, що закладено в означений пристрій, має недолік: відсутність стабілізації вихідної напруги перетворювача. Останній працює в режимі автогенератора, що може призвести до перезарядження або недозарядження елементів батареї. Так, в системі [9] на елементах, що віддають енергію в навантаження, в процесі формування зварювального струму буде просідати напруга, що буде впливати на рівень заряду елементів. Вирішення цієї проблеми потребує застосування перетворювачів, які стабілізують напругу для кожного каналу вихідних випрямлячів системи [6].

В [10] з цією метою пропонується застосовувати buck-boost-перетворювач, який включено між накопичувальним елементом та вихідним перетворювачем. Це дозволяє побудувати накопичувач енергії за багатокомірковим принципом, чого потребує формувач [7], забезпечити повне зарядження та розрядження накопичувальних елементів, стабілізацію заряджувальних струмів та напруг на них. Також відомо, що buck-boost-перетворювач має можливість реверсу потоків енергії [10]. Така особливість дозволить побудувати нові формувачі імпульсів струму для контактного мікрозварювання із покращеними характеристиками.

Таким чином, аналіз принципів побудови джерел живлення на основі суперконденсаторів дозволив виділити перспективні рішення, що можуть бути використані для контактного мікрозварювання. Вони полягають у застосуванні в контурі навантаження силових перетворювачів для регулювання зварювального струму, а також застосуванні buck-boost-перетворювачів для побудови проміжних накопичувачів енергії. Їх комбінація дозволить побудувати джерела живлення для контактного мікрозварювання з високою точністю формування зварювальних імпульсів, електромагнітною сумісністю з мережею та надійністю функціонування.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Паэранд Ю.Э., Бондаренко Ю.В., Бондаренко А.Ф. Формирователи импульсов тока для контактной сварки // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2008. — № 3. — С. 25—30.
2. Сафронов П. С., Бондаренко Ю. В., Бондаренко О. Ф. та ін. Поліпшення електромагнітної сумісності джерел живлення для систем контактної зварювання // Технічна електродинаміка.— 2014.— № 5.— С. 89—91.
3. Pentegov I. et al. Estimation of supercapacitor efficiency in use for resistance welding // 16th International Conference on IEEE, “Computational Problems of Electrical Engineering” (CPEE).— 2015.— С. 142–145.
4. Paerand Y.E., Bondarenko O.F., Bondarenko Y.V. The former of special form current pulses for micro resistance welding // “Compatibility and Power Electronics” (CPE'09).— Badajoz, Spain.— 2009.— P. 396—401. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5156067&isnumber=5155997>
5. Gould J.E., Chang H. Estimations of compatibility of supercapacitors for use as power sources for resistance welding guns // Welding in the World.— 2013.— Vol. 57, N 6.— P. 887–894.
6. Сизов М. Устройство для выравнивания напряжений на элементах батареи суперконденсаторов // Современная электроника.— 2013.— №1.— С. 40–43.
7. Бондаренко Ю. В. Багатокомірковий транзисторний перетворювач зі спільним використанням безперервного та імпульсного керування для контактної мікрозварювання / Автореф. ... дис. канд. техн. наук.— Київ: НАН України, Ін-т електродинаміки, 2012.
8. Супруновская Н.И., Щерба А.А., Белецкий О.А. Процессы обмена энергией между нелинейными и линейными звеньями электрической схемы замещения суперконденсаторов // Технічна електродинаміка.— 2015.— № 5.— С. 3–11.
9. Pat. DE 102012019393A1. Widerstandsschweißstromkreis und Betriebsverfahren / Anmelder Gleich.— 2013.
10. Dixon J.W., Ortizar M.E. Ultracapacitors + DC-DC converters in regenerative braking system // IEEE AESS Syst Mag 2002.— P. 16—21.

V. Didenko, Ie. Verbytskyi, O. Bondarenko

The features of using the supercapacitors as energy storages in power supplies for micro resistance welding

The features of constructing the power supplies for micro resistance welding using the supercapacitors are analyzed. It is shown that to provide high quality of welded joints and electromagnetic compatibility with the network, the power supplies should be constructed using power converter in a load circuit, which smoothly regulates welding current, and intermediate supercapacitor energy storage based on buck-boost converter.

Keywords: micro resistance welding, power supply, energy storage, supercapacitor, buck-boost converter.