

Підвищення показників енергоефективності та ресурсозбереження засобами силової електроніки для технології отримання високонадійних зварюваних з'єднань різнорідних матеріалів

Повышение показателей энергоэффективности и ресурсосбережения средствами силовой электроники для технологии получения высоконадежных сварных соединений разнородных материалов

Improving energy and resource efficiencies parameters on basis power electronics for highly reliable technology for welded joints of heterogeneous materials

1. Номер державної реєстрації теми - 0116U006924

2. Науковий керівник - к.т.н., доц. Бондаренко О.Ф., Бондаренко А.Ф., O.F. Bondarenko

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Об'єктом науково-дослідної роботи є електромагнітні процеси в системі "мережа живлення - перетворювач електроенергії - нестационарне навантаження". Метою роботи є підвищення показників енергоефективності та ресурсозбереження засобами силової електроніки для технології отримання високонадійних зварюваних з'єднань різнорідних матеріалів. Наукова робота ґрунтується на комплексному підході, який поєднує знання про закономірності протікання електрофізичних процесів при зварюванні різнорідних матеріалів, підходи щодо формування імпульсів струму з метою отримання якісного з'єднання матеріалів, та оптимального використання і розподілення в часі енергії мережі при створенні імпульсів зварного струму заданої форми. Методи дослідження: теорії електричних та електронних кіл, теорії автоматичного керування, математичного та фізичного моделювання, структурно-параметричної оптимізації, математично-статистичного аналізу. Апаратура - налагоджувальні плати та стенди, цифровий осцилограф, цифрові багатофункціональні генератори, лабораторні джерела живлення, аналізатор якості електричної енергії, обчислювальна техніка, сучасна система стиснення деталей для контактного зварювання. В результаті виконання НДР розроблено ефективні схемні топології для побудови основних вузлів джерел живлення установок контактного мікрозварювання, розраховано оптимальні режими їх функціонування, отримано аналітичні залежності, що характеризують їх роботу, запропоновано рішення та заходи для підвищення електромагнітної сумісності таких джерел, їх енергоефективності, точності формування ними зварювальних імпульсів, надійності їх функціонування. Впровадження запропонованих рішень надає можливість досягти значення коефіцієнту потужності джерел живлення установок контактного мікрозварювання більш ніж 0,99, отримати ККД не нижче 80 %, знизити пульсацію кривої вихідної потужності до 3 %. Отримані результати і науково-технічні розробки відповідають сучасному рівню та світовим тенденціям перетворювальної техніки. Основними галузями застосування запропонованих технічних рішень є електроніка, приладобудування, медицина. Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження - адаптація та масштабування розроблених рішень та заходів з метою їх застосування в установках контактного зварювання живих м'яких тканин.

(рос.)

Объектом научно-исследовательской работы являются электромагнитные процессы в системе "питающая сеть - преобразователь электроэнергии - нестационарная нагрузка". Целью работы является повышение показателей энергоэффективности и ресурсосбережения средствами силовой электроники для технологии получения высоконадежных свариваемых соединений разнородных материалов. Научная работа основывается на комплексном подходе, который сочетает знания о закономерностях протекания электрофизических процессов при сварке разнородных материалов, подходы к формированию импульсов тока с целью получения качественного соединения материалов, и оптимального использования и распределения во времени энергии сети при создании импульсов сварочного тока заданной формы. Методы исследования: теория электрических и электронных цепей, теория автоматического управления,

математическое и физическое моделирование, структурно-параметрическая оптимизация, математический статистический анализ. В результате выполнения НИР разработаны эффективные схемные топологии для построения основных узлов источников питания установок контактной микросварки, рассчитаны оптимальные режимы их функционирования, получены аналитические зависимости, характеризующие их работу, предложено решение и меры по повышению электромагнитной совместимости таких источников, их энергоэффективности, точности формирования ими сварочных импульсов, надежности их функционирования. Внедрение предложенных решений позволяет достичь значения коэффициента мощности источников питания установок контактной микросварки более чем 0,99, получить КПД не ниже 80%, снизить пульсацию кривой выходной мощности до 3%. Полученные результаты и научно-технические разработки соответствуют современному уровню и мировым тенденциям преобразовательной техники. Основными областями применения предлагаемых технических решений является электроника, приборостроение, медицина. Прогнозные предположения по развитию объекта исследования - адаптация и масштабирование разработанных решений и мер с целью их применения в установках контактной сварки живых мягких тканей.

(англ.)

The object of research work is electromagnetic processes in the system "power grid - power converter - non-stationary load". The aim of the work is to increase energy efficiency and resource saving by means of power electronics for the technology of obtaining highly reliable welding joints of heterogeneous materials. The scientific work is based on an integrated approach that combines the knowledge about the electrophysical processes of welding the heterogeneous materials, the laws of formation of electrical current pulses in order to obtain high quality welding joints of materials, and of optimal use and distribution in time of power grid energy when creating the welding current pulses of a given form. Methods of research: the theory of electric and electronic circuits, the theory of automatic control, mathematical and physical modeling, structural and parametric optimization, mathematical and statistical analysis. Equipment: debug boards and stands, digital oscilloscope, digital multifunctional generators, laboratory power supplies, energy quality analyzer, personal computers, modern system of squeezing the welded parts for resistance welding. As a result of research work, the effective circuit topologies for designing the main units of the power supplies for resistance welding systems were developed, the optimal modes of their operation were calculated, the analytical dependencies characterizing the work of the main units were obtained, the solutions and the measures for increasing the electromagnetic compatibility, the energy efficiency, the accuracy of welding pulses formation, the functioning reliability of such power supplies. The implementation of the proposed solutions provides an opportunity to obtain the value of the power supply power factor of more than 0,99, to obtain the efficiency of not less than 80%, to reduce the pulsation of the output power curve to 3%. The obtained results and scientific and technical developments correspond to the current level of converter equipment and world tendencies in this field. The main areas of applying the proposed technical solutions are electronics, instrument making, medicine. Predictable assumptions about the progress of the research object - adaptation and scaling of the developed solutions and measures for their application in the machines of resistance welding of living tissues.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Патент на корисну модель №112957. Адаптивна система теплового захисту імпульсних перетворювачів електроенергії / Баранюк Р.А., опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1;
- Патент на корисну модель № 117186. Пристрій компенсації реактивної потужності у перехідних і усталених режимах / Жуйков В.Я., Вербицький Є.В., опубл. 26.06.2017, бюл. № 12.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Отримані результати і науково-технічні розробки відповідають сучасному рівню та світовим тенденціям перетворювальної техніки.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Впровадження запропонованих рішень надає можливість досягти значення коефіцієнту потужності джерел живлення установок контактного мікрозварювання більш ніж 0,99, отримати ККД не нижче 80 %, знизити пульсацію кривої вихідної потужності до 3 %.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Потенційними користувачами є підприємства та науково-дослідні організації, які займаються розробкою пристроїв перетворювальної техніки та мікропроцесорних систем керування ними, наприклад Інститут електродинаміки НАНУ (м. Київ), ВАТ Перетворювач (м. Запоріжжя), ДП НАЕК "Енергоатом" та інші підприємства електротехнічної, електронної та приладобудівної промисловості.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені та виготовлені макети обладнання, відпрацьовані відповідні методики і розроблені рекомендації щодо ефективного застосування експериментального обладнання. Можлива розробка дослідно-промислових зразків нового устаткування, які повністю адаптовані до існуючого основного силового обладнання і можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

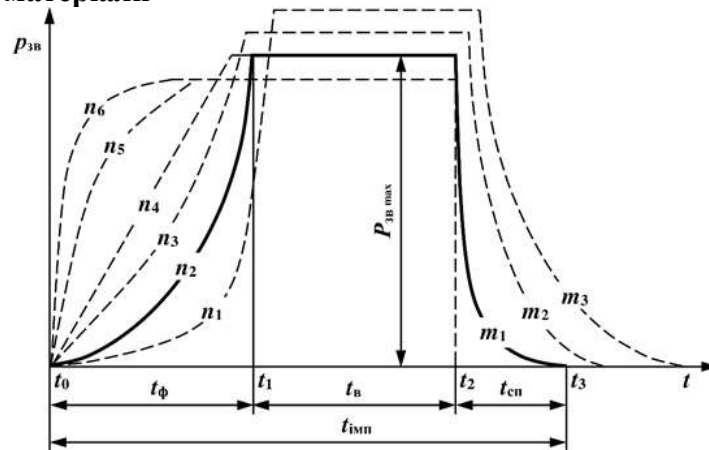
9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. Сікорського», дисципліна «Математичне моделювання процесів і систем», а також запропоновано для впровадження НАЕК «Енергоатом», корпорації «Українські атомні прилади та системи» («Укратомприлад»).

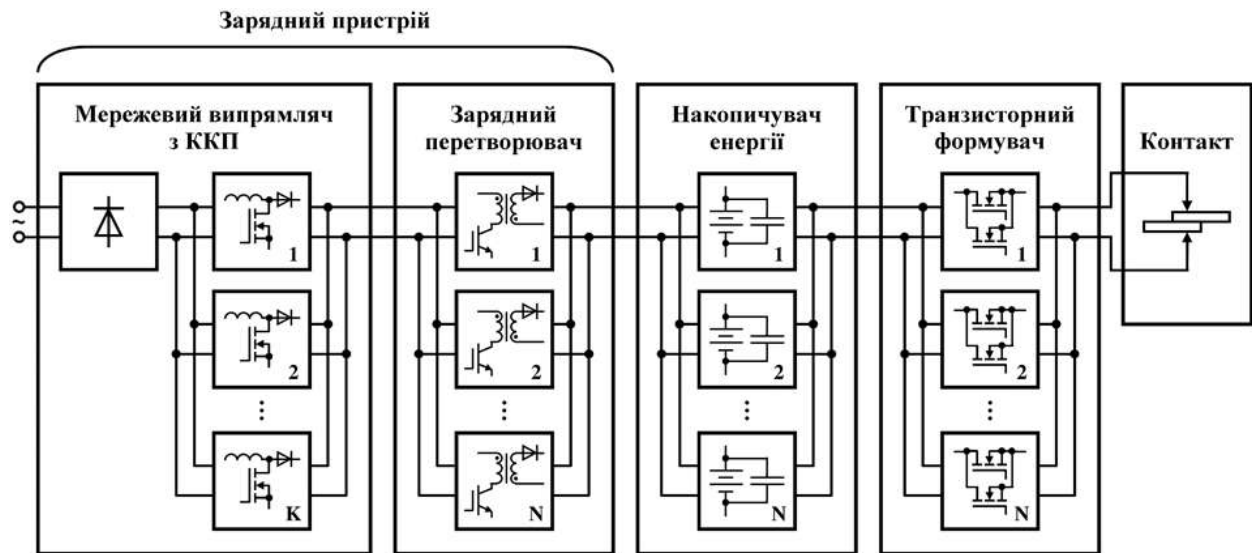
10. Назва організації, телефон, E-mail

КПІ ім. Ігоря Сікорського, науково-дослідний інститут електроніки та мікросистемної техніки, (044) 236-96-76, o.bondarenko@kpi.ua

11. Ілюстративні матеріали



Зварювальний імпульс з регулюванням потужності на етапі фронту та спаду



Узагальнена структура джерела живлення установок контактної мікрозварювання

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. I. Verbytskyi, O. Bondarenko and O. Kaloshyn, "Multicell-type charger for supercapacitors with power factor correction," 2018 International Young Engineers Forum (YEF-ECE), Costa da Caparica, Portugal, 2018, pp. 91-96. doi: 10.1109/YEF-ECE.2018.8368945. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8368945/>.
2. V. Zhuikov, I. Verbytskyi, and O. Bondarenko, "Features of Compensation of a Reactive Power at the Transient Mode", Electrical Power Networks 2016 (EPNet 2016), 2016 International Conference on, 2016, pp. 140–143. doi: 10.1109/EPNET.2016.7999362. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7999362/>.
3. V. Shelyagin, I. Zaitsev, A. Bernatskiy, V. Sydorets, A. Dubko and O. Bondarenko, "Contactless monitoring of welding processes with computer processing of acoustic emission signals," 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, 2018, pp. 706-710. doi: 10.1109/TCSET.2018.8336298. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8336298/>
4. V. Sydorets, A. Dubko, O. Bondarenko and R. Kosenko, "Influence of skin effect on current flow through electrodes of electro-surgical instruments and biological tissue," 2016 15th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC), Tallinn, 2016, pp. 211-214. doi: 10.1109/BEC.2016.7743766. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7743766/>.
5. I. Verbytskyi, O. Bondarenko and D. Vinnikov, "Multicell-type Current Regulator Based on Cuk Converter for Resistance Welding," 2017 58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, 2017, pp. 1-6. doi: 10.1109/RTUCON.2017.8124844.
6. I. Verbytskyi, O. Bondarenko and E. Liivik, "Control Features of Multicell-Type Current Regulator for Resistance Welding," 2017 58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, 2017, pp. 1-5. doi: 10.1109/RTUCON.2017.8124846.
7. Bondarenko O., Verbytskyi I., Spitsyn D., Kaloshyn O., "Multicell-type Charger for Supercapacitors with Power Factor Correction," in 16th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology III", January 16 - 21, 2017, Pärnu, Estonia.
8. Bondarenko O., Ryzhakova T., Kozhushko Y., "Power Supply with Modular Structure for Micro Resistance Welding," in 16th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology III", January 16 - 21, 2017, Pärnu, Estonia.
9. Bondarenko O., Dubko A., Khyzhniak T., "Resistance Welding Control Based on Dilatometry Effect," in 16th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power

- Engineering” and “Doctoral School of Energy and Geotechnology III”, January 16 - 21, 2017, Pärnu, Estonia.
10. O. Kaloshyn, O. Bondarenko, I. Bondarenko, “The Problems of Reliability Assessment of Modular Converter Topologies,” in 17th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering” and “Doctoral School of Energy and Geotechnology III”, January 15 - 20, 2018, Kuressaare, Estonia.
 11. O. Bondarenko, V. Sydorets, I. Bondarenko, and Z. Stević, “Supercapacitor Modeling for Micro Resistance Welding Applications,” in Proceedings of the 4th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, 2016, Belgrade, Serbia, October 17-18, 2016, pp. 113–118.
 12. Y. Kozhushko, T. Ryzhakova, O. Bondarenko, and Z. Stevic, “Supercapacitor battery charger with voltage equilizing,” in Proceedings of the 5th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, 2017, Belgrade, Serbia, October 12-13, 2017, pp. 127-134. doi: 10.24094/mkoiee.017.1.5.127.
 13. Stevic Z., Stevic M., Rajcic-Vujasinovic M., Bondarenko O. Effective computer system for testing supercapacitors // Труды XVIII Междунар. научно-практ. конф. «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2017). Одеса, 22-26 мая 2017 года. – Одесса: Политехперіодика. – 2017. – С. 8-11.
 14. O. Bondarenko, Y. Bondarenko, A. Dubko, V. Sydorets, P. Safronov, “Resistance welding control system” // Труды XIX Междунар. научно-практ. конф. «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2018). Одеса, 28 травня - 01 червня 2018 року Одесса: Политехперіодика. – 2018. – С. 89-90.
 15. Діденко В.О., Бондаренко О.Ф., Вербицький Є.В. Джерело живлення для контактного зварювання дистанційуючих решіток тепловиділяючих збірок ядерних реакторів, Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип.: Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2017. – № 27 (1249). – С. 212-215. ISSN 2079-8024.
 16. Бондаренко О.Ф. Класифікація форм імпульсів для контактного мікрозварювання, Електроніка та зв'язок, 2017, том 22, № 3, С. 46-54. doi: 10.20535/2312-1807.2017.22.3.106257.
 17. Баранюк Р.А., Тодоренко В.А., Бондаренко О.Ф. Адаптивний електротепловий захист напівпровідникових перетворювачів електроенергії // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2017. – № 3. – С. 3-11. doi: 10.15222/ТКЕА2017.3.03
 18. Миколаєць Д.А., Жуйков В.Я. Розрахунок фільтро-компенсуючого перетворювача з зарядом акумулятора за середніми значеннями струму та напруг // Електроніка та Зв'язок. – 2017. Том 22, № 2. – с. 20-26. DOI: 10.20535/2312-1807.2017.22.2.81637.
 19. Кожушко Ю.В., Бондаренко О.Ф. Балансування напруги модульного накопичувача енергії джерела живлення для контактного мікрозварювання // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2017. – № 4-5. – С. 15-23. doi: 10.15222/ТКЕА2017.4-5.15.
 20. Кожушко Ю.В., Бондаренко О.Ф., Зінченко Д.О., Рижакова Т.О. Ефективне використання гібридного ємнісного накопичувача енергії джерела живлення для контактного мікрозварювання, Електроніка та зв'язок, 2018, том 22, № 2, С. 14-18. doi: 10.20535/2523-4455.2018.23.2.130391.
 21. Жуйков В.Я., Вербицький Є.В., Бондаренко О.Ф. Особливості компенсації миттєвої реактивної потужності в лінійних ланцюгах у перехідному режимі при вмиканні навантаження, Електроніка та зв'язок, 2017, том 22, № 4, С. 30-37. doi: 10.20535/2312-1807.2017.22.4.105271.
 22. Вербицький Є.В., Кисельова А.Г., Кисельов Г.Д. Підвищення ефективності керування системою електроживлення на основі використання контекстних даних, Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, 2017, № 7 (1229), с. 123-130.

23. Вербицький Є.В. Аналіз спектру напруги з двополярною модуляцією / Є.В. Вербицький // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях - 2017, № 23 (1245), с. 188-193.
24. Бондаренко О.Ф., Дубко А.Г., Сидорець В.М., Бондаренко Ю.В. Застосування дилатометричного ефекту для автоматизації контактної зварювання // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2017. — № 6. — С. 14-21. doi: 10.15222/ТКЕА2017.6.14.
25. Бондаренко О.Ф., Сафронов П.С., Бондаренко Ю.В., Калошин О.О. Залежність надійності роботи перетворювача для контактної мікрозварювання з модульною структурою від кількості модулів та умов функціонування, Електротехніка і Електромеханіка, 2016, №4(2), Том II. Харків. – С. 4-8.
26. Бондаренко О.Ф., Бондаренко Ю.В., Сафронов П.С., Калошин О.О. Проблеми оцінки надійності перетворювачів з модульною топологією, Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2017. – № 27 (1249). – С. 238-243.
27. Жуйков В.Я., Миколаєць Д.А., Тунг Н.Л. Однофазний фільтрокомпенсаційний перетворювач на стороні змінного струму. – Київ: Освіта України, 2018. – 154 с. ISBN 978-617-7366-52-1 9
28. Жуйков В.Я. Підвищення ефективності систем з відновлюваними джерелами енергії: монографія / В.Я. Жуйков, Л.М. Лук'яненко, Д.А. Миколаєць, К.С. Осипенко, А.О. Стелюк, Т.О. Терещенко, Ю.С. Ямненко. – К.: Кафедра, 2018. – 368 с. ISBN 978-617-7301-48-5 21
29. Діденко В.О. Керування напівпровідниковими перетворювачами в системі електрогідравлічного приводу за сигналами прискорень. Дис. ... канд. техн. наук: 05.09.12 / Діденко Віктор Олександрович. – Київ, 2017. – 226 с.
30. Баранюк Р.А. Системи теплового захисту напівпровідникових перетворювачів електроенергії: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.12 / Баранюк Роман Андрійович. – Київ, 2017. – 140 с.

13. Ключові слова до розробки: енергоефективність; ресурсозбереження; силова електроніка; накопичувач енергії; контактне зварювання.