

УДК 621.314.1

КОМБИНИРОВАННЫЙ НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ИОНИСТОРА ДЛЯ УСТАНОВОК КОНТАКТНОЙ МИКРОСВАРКИ

К.т.н. А.Ф. Бондаренко¹, к.т.н. П.С. Сафронов¹, Ю.В. Бондаренко¹, д.т.н. В.Н. Сидорец²

¹Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск;

²Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, г. Киев

Украина

bondarenkoaf@gmail.com, p.s.safronov@gmail.com,

bondarenko.julie@gmail.com, sidvn@ua.fm

Показана целесообразность применения комбинированных накопителей энергии на основе ионисторов в установках контактной микросварки. Предложен накопитель энергии, включающий аккумулятор, ионистор и электролитический конденсатор, с высокими энергетическими и динамическими показателями, достаточными для обеспечения формирования импульсов сварочного тока с необходимыми параметрами.

Ключевые слова: накопитель энергии, ионистор, аккумуляторная батарея, электролитический конденсатор.

Контактная микросварка является эффективной технологией неразъемного соединения малогабаритных деталей, широко используемой в электронной промышленности и приборостроении. Для установок, реализующих контактную микросварку, характерны следующие особенности потребления электроэнергии во время технологического процесса: потребление значительной энергии короткими импульсами, длительность которых не превышает нескольких миллисекунд, нелинейный характер нагрузки, специальный закон изменения тока [1]. При этом обеспечение необходимой энергии в нагрузке (сварочном контакте) является обязательным условием для получения надежных и качественных соединений. Таким образом, актуальной задачей является построение накопителя энергии, обладающего большой емкостью и малым внутренним сопротивлением, способного накапливать и отдавать энергию с высокой скоростью, сохранять свои характеристики при частых перезарядках.

На сегодняшний день довольно широкое распространение получили накопители энергии на основе ионисторов, называемых также суперконденсаторами [2]. Они используются в электротранспорте, бытовой электронике, энергетике (Smart Grid). Ионисторы обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с другими накопительными элементами, такими как, например, аккумуляторные батареи и электролитические конденсаторы. В частности, ионисторы имеют меньшие массогабариты по сравнению с электролитическими конденсаторами той же емкости и более высокую скорость заряда/разряда по сравнению с аккумуляторами, выдерживают сотни тысяч циклов перезаряда. Известны также гибридные решения — совместное использование аккумуляторных батарей и ионисторов [3].

Целью данной работы является исследование возможности применения комбинированных накопителей энергии, включающих аккумуляторные батареи, ионисторы и электролитические конденсаторы, для установок контактной микросварки. Ожидаемый эффект от такой комбинации — высокие энергетические и динамические показатели накопителей энергии.

На рис. 1 показана схема замещения предлагаемого комбинированного накопителя энергии [2, 4, 5] в структуре источника питания для контактной микросварки, где E_A — ЭДС аккумулятора; C_A — эквивалентная емкость аккумулятора; $R_{A,эл}$ — сопротивление аккумулятора, учитывающее проводящие свойства электролита; R_A, L_A — сопротивление и индуктивность электродов аккумулятора; $L_{и}$ — эквивалентная последовательная индуктивность ионистора; $R_{и}$ — эквивалентное последовательное сопротивление ионистора; $C_{и}$ — емкость ионистора; $L_{к}$ — эквивалентная последовательная индуктивность конденсатора; $R_{к}$ — эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора; $C_{к}$ — емкость конденсатора; VT — транзисторный преобразователь; $R_{н}$ — сопротивление нагрузки (сварочного контакта).

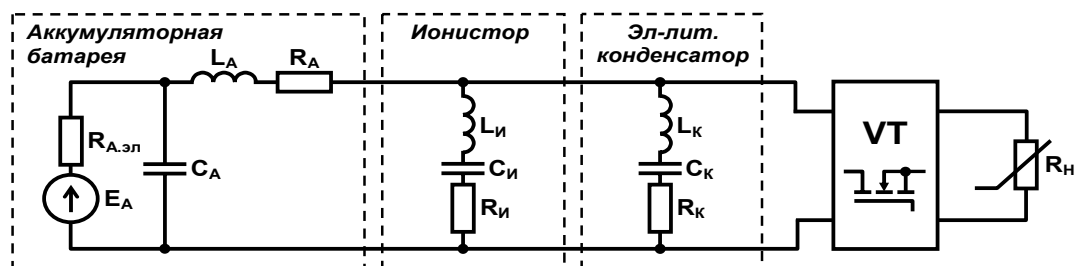


Рис. 1

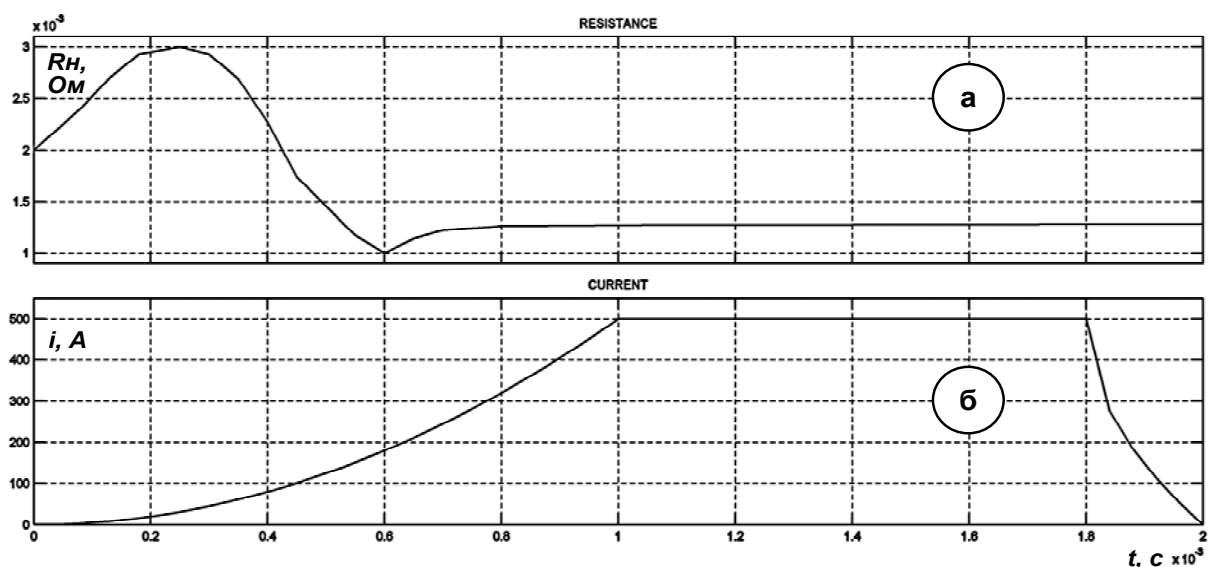


Рис. 2

Транзисторный преобразователь VT осуществляет формирование необходимого закона изменения тока в нагрузке. Для контактной микросварки характерно использование специальных законов изменения тока, амплитуда которого достигает, как правило, нескольких сотен ампер [1].

С использованием пакета Simulink / MATLAB было проведено имитационное моделирование исследуемой схемы. При этом были заданы следующие значения параметров [6—9]: $E_A = 12$ В, $C_A = 1,25$ Ф, $R_{A,эл} = 83,3 \cdot 10^{-3}$ Ом, $R_A = 7,7 \cdot 10^{-3}$ Ом, $L_A = 0,2 \cdot 10^{-3}$ Гн, $R_И = 1,5 \cdot 10^{-3}$ Ом, $L_И = 50 \cdot 10^{-6}$ Гн, $C_И = 600$ Ф, $R_К = 15 \cdot 10^{-3}$ Ом, $L_К = 10 \cdot 10^{-9}$ Гн, $C_К = 0,1$ Ф. Законы изменения сопротивления нагрузки и тока нагрузки, которые были заданы при моделировании, показаны на рис. 2, а и б соответственно. Диаграмма изменения сопротивления приближенно отражает реальное поведение сварочного контакта в процессе сварки [10]. Диаграмма изменения тока является типовой для микросварки [1].

На рис. 3, а приведены диаграммы токов в ветвях схемы при нерегулируемом разряде накопителя на нагрузку. Как видно из диаграмм, батарея обеспечивает наиболее медленное нарастание тока, ток ионистора нарастает в несколько раз быстрее, ток конденсатора нарастает значительно быстрее, чем токи двух других элементов. Ток в нагрузке является суммой всех трех токов, что обеспечивает его высокую стабильность на исследуемом интервале. Роль конденсатора в поддержании тока нагрузки наиболее существенна на начальном участке, когда токи других элементов еще не успевают достичь значимого уровня. На среднем участке ток в нагрузке в наибольшей степени определяется конденсатором и ионистором. Роль аккумулятора становится более заметной на конечном участке.

На рис. 3, б показаны диаграммы изменения энергии, выделяемой в нагрузке, при различных комбинациях накопительных элементов, а также диаграмма энергии, необходимой для формирования импульса сварочного тока с заданными параметрами. Как видно из диаграмм, накопитель А-К (аккумуляторная батарея + конденсатор) не обеспечивает необходимой энергии на среднем участке формирования тока в связи с тем, что конденсатор к этому времени уже успевает существенно разрядиться, а ток батареи еще не успевает нарасти. Накопитель А-И (аккумуляторная батарея + ионистор) не обеспечивает необходимой энергии на начальном участке, т. к. оба элемента обладают довольно большой инерционностью. И только накопитель А-И-К, включающий все три элемента, обеспечивает необходимую энергию на всем интервале времени с достаточным запасом.

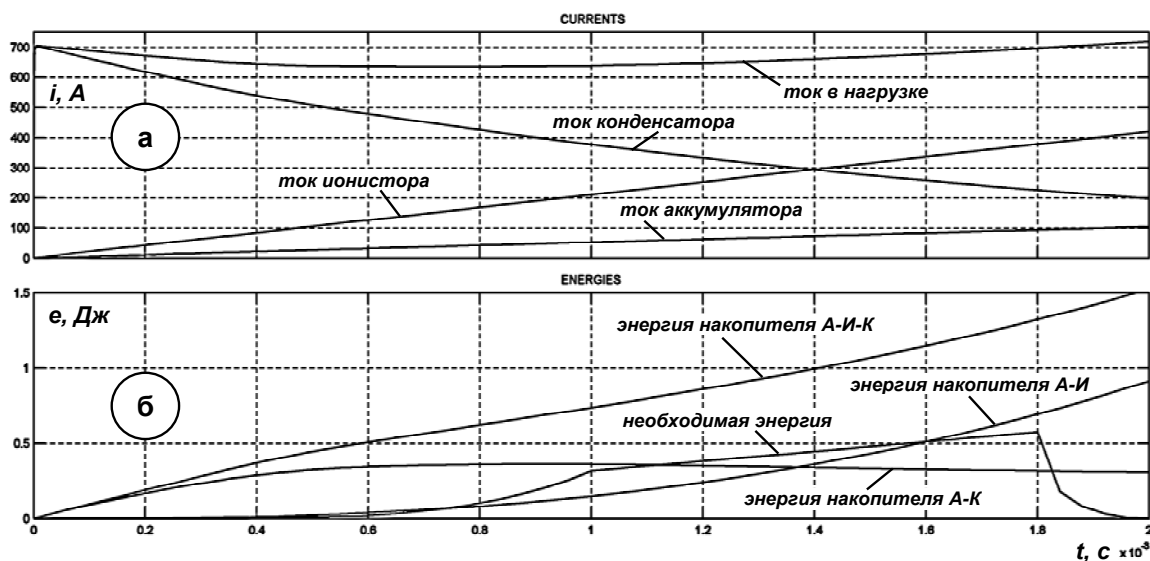


Рис. 3

Результаты моделирования подтвердили, что предложенный комбинированный накопитель энергии, включающий аккумуляторную батарею, ионистор и электролитический конденсатор, обладает высокими энергетическими и динамическими показателями и позволяет обеспечить формирование импульсов сварочного тока с необходимыми параметрами. Полученные результаты позволяют рекомендовать такой накопитель для использования в источниках питания установок контактной микросварки.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Бондаренко А. Ф. Формирователи импульсов тока для установок контактной микросварки: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.12 / Бондаренко Александр Федорович.— Алчевск, 2007.— 211 с.
2. Guerrero M., Romero E., Barrero F. et al. Supercapacitors: Alternative Energy Storage Systems // *Przeglad Elektrotechniczny Electrical Review*.— 2009.— Vol. 85, N 10.— P.188—195.
3. Pay S., Baghzouz Y. Effectiveness of Battery-Supercapacitor Combination in Electric Vehicles // *IEEE Bologna Power Tech Conference*.— Italy, Bologna.— 2003.— P. 385—390.
4. Паэранд Ю. Э., Бондаренко А. Ф., Бондаренко Ю. В. Комбинированный накопитель энергии «аккумуляторная батарея — электролитический конденсатор» // *Технічна електродинаміка. Тем. вип. Проблеми сучасної електротехніки*.— 2008.— Ч. 6.— С. 76—79.
5. Marco S.W. Chan, K.T. Chau, C.C. Chan. Effective Charging Method for Ultracapacitors // *Journal of Asian Electric Vehicles*.— 2005.— Vol. 3, N 2.— P. 771—776.
6. Здрок А. Г. Выпрямительные устройства стабилизации напряжения и заряда аккумулятора.— М.: Энергоатомиздат, 1988.
7. Розанов Ю. К. Полупроводниковые преобразователи со звеном повышенной частоты.— М.: Энергоатомиздат, 1987.
8. Maxwell Technologies Ultracapacitors and Supercapacitors as a green, alternative energy resource <http://www.maxwell.com/ultracapacitors>.— 28.01.2013.
9. ОАО «Элеконд» <http://www.elecond.ru>.— 28.01.2013.
10. Атауш В. Е. Леонов В.П., Москвин Э.Г. Микросварка в приборостроении.— Рига: РТУ, 1996.

Bondarenko O. F., Safronov P. S., Bondarenko I. V., Sydorets V. M.

The combined energy storage based on ultracapacitors for micro resistance welding machine

The expediency of application of combined energy buffers based on ultracapacitors in micro resistance welding machines has been confirmed in this study. The energy buffer which consists of an accumulator, an ultracapacitor and an electrolytic capacitor is proposed. The energy buffer has high power and dynamic parameters, which are sufficient to generate current pulses for welding with the necessary settings.

Keywords: *energy buffer, ultracapacitor, accumulator, electrolytic capacitor.*