

УДК 621.791.75:537.523:621.373.7

**АВТОКОЛЕБАНИЯ В ЦЕПИ С ЛАЗЕРНО-ДУГОВЫМ РАЗРЯДОМ  
КАК ОСНОВА НОВЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**А.И.Бушма, А.М.Жерносеков,  
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины,  
ул. Боженко, 11, Киев, 03680, Украина.**

*Исследованы характеристики автоколебаний тока лазерно-дугового разряда в цепи с инерционной обратной связью. Установлено, что изменением инерционности цепи обратной связи можно получить как автоколебания близкие к гармоническим, так и релаксационные автоколебания. Даны рекомендации по применению автоколебательных режимов при разработке новых комбинированных импульсных технологий. Библи. 3, рис. 2.*

**Ключевые слова:** лазерно-дуговой разряд, автоколебания, обратная связь, импульсные технологии.

Комбинированные лазерно-дуговые процессы и технологии, в частности, сварка и обработка материалов обеспечивают значительное увеличение производительности изготовления изделий, а также повышение их качества. Синергетический эффект при воздействии лазерного пучка и электрической дуги на обрабатываемую поверхность позволяет получить новые типы изделий, соединений и конструкций, которые невозможно осуществить с помощью лазера и электрической дуги в отдельности. Именно поэтому в последние десятилетия эти процессы привлекают пристальное внимание ученых всего мира.

Авторами были разработаны принципы построения специализированных источников питания лазерно-дугового разряда [1], т.к. применение обычного сварочного оборудования, в частности, источников питания электрической дуги не всегда экономически оправдано.

Решение задачи базировалось на анализе электрических цепей с сосредоточенными параметрами, в состав которых входит лазерно-дуговой разряд как элемент цепи. Для этого ранее было проведено исследование статических вольтамперных характеристик этого разряда [3].

Было обнаружено, что в исследуемой системе могут возникать автоколебания тока лазерно-дугового разряда, что является нежелательным для существующих сварочных технологий. Был поставлен вопрос, а нельзя ли использовать автоколебания при разработке новых технологий. Тем более что дуговая сварка модулированным током и импульсно-дуговая сварка имеют неоспоримые технологические преимущества перед обычным дуговым сварочным процессом.

Настоящая работа посвящена исследованию свойств автоколебаний тока лазерно-дугового разряда, в частности, его характеристик, знание которых может стать в дальнейшем научной основой новых комбинированных лазерно-дуговых процессов и технологий.

В работе [1] показано, что в цепи, изображенной на рис.1, возможно возникновение автоколебаний. Единственной отличительной особенностью от ранее рассмотренной цепи будет наличие регулируемой инерционности цепи обратной связи (условно показано для конденсатора С). Именно зависимость характеристик тока разряда от этой инерционности интересовала авторов в первую очередь.

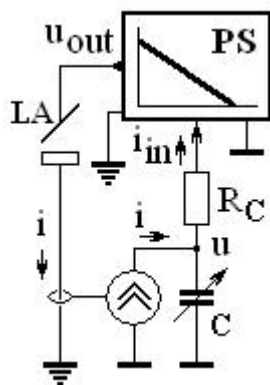


Рис. 1

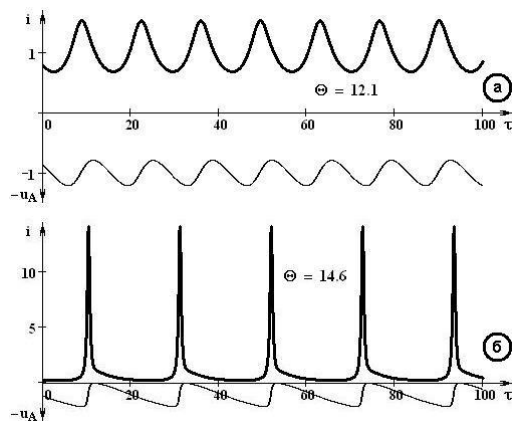


Рис. 2

Рассмотрим источник питания PS с линейно падающей (для определенности) внешней характеристикой. Для упрощения не будем задаваться вопросом, как формируется эта характеристика. Источник питания представляет собой управляемый ток источник напряжения, у которого выходное напряжение  $u_{out}$  линейно зависит от входного тока  $i_{in}$ . Инерционная обратная связь по току моделировалась с помощью RC-цепи (параметр инерционности  $\Theta = RC$ ).

В работе [2] показано, что обобщенную математическую модель динамической дуги можно применять для описания динамики лазерно-дугового разряда. При этом необходимо вместо статической вольтамперной характе-

ристики дуги використовувати статическую вольтамперную характеристику лазерно-дугового розряду. В наших дослідженнях була використана степенная аппроксимация статической вольтамперной характеристики.

Численний аналіз підтвердив, що в цепі з лазерно-дуговим розрядом і інерційною зворотною зв'язкою (рис.1) виникають автоколебання (рис.2).

С збільшенням інерційності зворотної зв'язки  $\Theta$  амплітуда предельного циклу, який відповідає автоколебанням в фазовому просторі, росте, особливо збільшується амплітуда коливань струму лазерно-дугового розряду. Отримана амплітудно-частотна характеристика автоколебаний струму лазерно-дугового розряду показує, що малим частотам автоколебаний відповідають великі амплітуди (рис.2,б). Таким чином перспективно застосувати при розробці технологій, аналогічних імпульсно-дугової зварці, де потрібне вплив коротких імпульсів великої амплітуди з низькою частотою.

Режими з більш високою частотою і меншою амплітудою (рис.2,а) можуть стати основою технологій, подібних дугової зварці модульованим струмом.

**Висновки.** Змінення інерційності зворотної зв'язки можна отримувати автоколебання як близькі до гармонічних, так і релаксационні без використання силових ключів в джерелі живлення.

Отримані режими автоколебаний можна використовувати при розробці нових лазерно-дугових технологій подібних імпульсно-дугової зварці і зварці модульованим струмом.

Наукові дослідження проведені при фінансовій підтримці «Державного фонду фундаментальних досліджень України» в рамках спільного українсько-російського проекту ДФФД-РФФІ-2011 (грант Ф40/17).

1. *Bushma A.I., Sydorets V.N. Feedbacks Impact on the Work Stability of Laser-Arc Discharge Power Source // Техн. електродинаміка. Тем. випуск "Силовая електроніка та енергоефективність". – 2011. – Ч.1. – С. 219–222.*

2. *Бушма А.І. Применение опыта моделирования дуг отключения в электрических сетях к комбинированному лазерно-дуговому разряду // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія "Технічні науки". – 2011. – №1 (47). – С. 82–86.*

3. *Бушма А.І., Сидорець В.Н. Квазистатические вольтамперные характеристики комбинированного лазерно-дугового разряда // Техн. електродинаміка. Тем. випуск "Силовая електроніка та енергоефективність". – 2010. – Ч.1. – С. 201–204.*

УДК 621.791.75:537.523:621.373.7

#### Автоколивання в колі з лазерно-дуговим розрядом як основа нових імпульсних технологій

А.І. Бушма, А.М. Жерносеков

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України,  
вул. Боженка, 11, Київ, 03680, Україна

*Досліджено характеристики автоколивань струму лазерно-дугового розряду в колі з інерційним зворотним зв'язком. Встановлено, що зміною інерційності кола зворотного зв'язку можна одержати як автоколивання близькі до гармонічних, так і релаксационні автоколивання. Дано рекомендації по застосуванню автоколивальних режимів при розробці нових комбінованих імпульсних технологій. Бібл. 3, рис. 2.*

**Ключові слова:** лазерно-дуговий розряд, автоколивання, зворотний зв'язок, імпульсні технології.

#### Self-oscillations in Circuit with Laser-Arc Discharge as the Basis of New Pulse Technologies

A.I. Bushma, A.M. Zhernosekov,

Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine,  
Bozhenko str., 11, Kiev, 03680, Ukraine.

*Current self-oscillation properties of laser-arc discharge in circuit with inertia feedback were been investigated. It is established that the change of inertia feedback loop can be obtained as close to the harmonic oscillations and relaxation oscillations. Recommendations for the use of self-oscillation modes in the development of new combined pulse technologies are given. References 3, figures 2.*

**Key words:** laser-arc discharge, self-oscillations, feedback, pulse technologies.

1. *Bushma A.I., Sydorets V.N. Feedbacks Impact on the Work Stability of Laser-Arc Discharge Power Source // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk "Sylova elektronika ta energoefektyvnist". – 2011. – Vol. 1. – Pp. 219–222.*

2. *Bushma A.I., Sydorets V.N. Quasi-Volt-Ampere Characteristics of Combined Laser-Arc Discharge // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk "Sylova elektronika ta energoefektyvnist." – 2010. – Vol. 1. – Pp. 201–204. (Rus)*

3. *Bushma A.I. Experience Application of Modeling of Break Arc in Electric Networks to Laser-Arc Discharge // Visnyk Chernigovskogo Derzhavnogo Tekhnologichnogo Universytetu. Serii "Tekhnichni nauky". – 2011. – №1 (47). – Pp. 82–86. (Rus)*

Надійшла 03.01.2012

Received 03.01.2012