

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарбер И.С. Магнитные импульсные модуляторы. – М.: Советское радио, 1964. – 159 с.
2. Меерович Л.А., Ватин И.М., Зайцев Э.Ф., Кандыкин В.М. Магнитные генераторы импульсов. – М.: Советское радио, 1968. – 475 с.
3. Dai Yuhang. Pulsed Power Supply Employing Magnetic Pulse Compression Technology // Proc. PEMS'98. – Prague, Czech Republic, 1998. – V. 2. – P. 2–185–2–188.
4. Важаев В.А., Катаев И.Г. Магнитополупроводниковый формирователь импульсов с управляемым узлом сжатия // Приборы и техника эксперимента. – 1992. – № 6. – С. 128–134.
5. Nakhe S.V., Rajanikanth B.S., Bratnager R. Energy disposition studies in a copper vapour laser under different pulse excitation schemes // Measurement Science and Technology. – 2003. – № 14. – P. 608.
6. Магнітно-напівпровідниковий генератор однополярних наносекундних імпульсів: пат. № 40523 Україна МПК H03K 7/00; заявл. 28.11.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.
7. Одноключовой магнітно-напівпровідниковий генератор однополярних інверсних імпульсів: пат. № 44910 Україна. Заявл. 12.01.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12.
8. Двоключовой магнітно-напівпровідниковий генератор однополярних інверсних імпульсів: пат. № 41501 Україна. Заявл. 18.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10.
9. Волков И.В., Зозулев В.И., Шолох Д.А. Магнитно-полупроводниковые генераторы с разнофункциональными узлами магнитной компрессии импульсов. // Препринт Ин-ту электродинамики НАН України: Зб. наук. пр. – Київ: ІЕД НАНУ, 2010. – Вип. 26. – С. 79–89.
10. Магнітно-напівпровідниковий генератор з дросельним вузлом формування двотактних однополярних імпульсів: пат. № 51753 Україна. Заявл. 01.03.2010; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.
11. Магнітний вузол формування двотактних однополярних імпульсів: пат. № 6627А, Україна, МПК. Заявл. 18.09.2003; опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4.
12. Малашин М.В., Мошкунов С.И., Хомич В.Ю. Система накачки лазера на парах меди на основе составного твердотельного коммутатора // Лазеры на парах металлов: Тез. докл. Симпозиума (ЛПМ-2010). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2010. – С. 64.
13. Магнітно-напівпровідниковий генератор двотактних однополярних імпульсів: пат. № 46235 Україна. Заявл. 17.03.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.

Поступила 01.09.2010 г.

УДК 621.791

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВАРКИ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ ДУГИ

А.Ф. Князьков, О.С. Бирюкова

Томский политехнический университет
E-mail: bos1983@tpu.ru; kaf@tpu.ru

Рассмотрен процесс формирования импульсов сварочного тока, обеспечивающих устойчивое горение дуги в динамическом режиме. Разработано устройство с формирующим элементом, выполненным на базе искусственной формирующей линии. Проведены исследования при сварке неплавящимся электродом в среде аргона. Показаны преимущества сварного соединения при сварке дугой, горящей в динамическом режиме.

Ключевые слова:

Сварочная дуга, динамический режим горения, искусственная формирующая линия.

Key words:

Dynamic mode of burning, welding arc, artificial forming line.

Перспективным направлением совершенствования сварочных систем питания является создание устройства, обеспечивающего концентрированный ввод тепловой энергии в свариваемое изделие за счет импульсного питания дуги. Выделяют динамический режим горения дуги между неплавящимся электродом и изделием с гарантированным качеством сварного шва во всех пространственных положениях. Динамический режим горения дуги достигается при длительности импульсов менее 450...500 мкс [1] вследствие отставания перехода дуги к статическому состоянию из-за быстрого изменения значения тока и напряжения. Быстрое изменение тока приводит к возникновению динамических «всплесков» напряжения [3]. Существование «всплесков» объясняется несоответствием термической эмиссии электронов с катода текущему

значению тока вследствие тепловой инерции. Недостаток термической эмиссии восполняется автоэлектронной эмиссией, что обеспечивает рост напряжения дуги. При этом наблюдается контрагирование столба дуги и уменьшение размеров анодного пятна на изделии, что увеличивает глубину проплавления [1].

Одним из вариантов устройства для импульсного питания сварочной дуги является применение искусственной формирующей линии (ИФЛ), состоящей из LC ячеек [4].

На рис. 1 представлена схема устройства для формирования импульсов сварочного тока. Устройство состоит из трехфазного выпрямителя В, обладающего жесткой внешней вольтамперной характеристикой и регулируемым напряжением холостого хода. К выходным клеммам для умень-

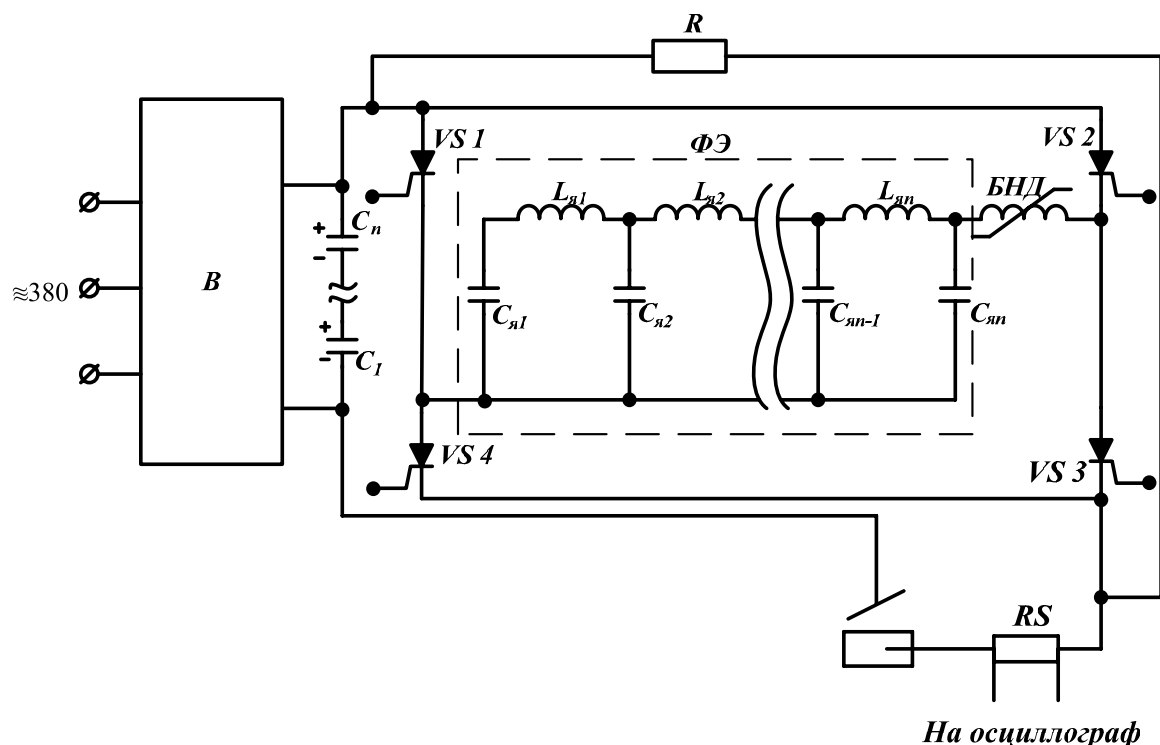


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема силовой части устройства

шения внутреннего сопротивления источника питания подключена батарея конденсаторов C_1-C_n . Формирующий элемент $\Phi Э$ выполнен в виде ИФЛ, состоящей из n LC ячеек. Каждая ячейка представляет последовательно соединенные дроссель $L_{я}$ и конденсатор $C_{я}$. Выводы обкладок конденсаторов соединены вместе, а точки соединения конденсатора и дросселя предыдущих ячеек соединены с выводами дросселя последующих ячеек. В качестве последнего n -го дросселя использован быстроснабжающийся дроссель БНД, сердечник которого обладает прямоугольной кривой намагничивания, а индуктивность в насыщенном состоянии равна индуктивности дросселя ячеек линии.

Зарядно-перезарядные тиристоры $VS1$, $VS2$, $VS3$ и $VS4$ соединены в мостовую схему, в одну диагональ которой включена ИФЛ. Другая диагональ мостовой схемы включена последовательно в сварочную цепь. Благодаря включению ИФЛ в диагональ тиристорного моста и наличию батареи конденсаторов C_1-C_n , подключенной к выходным клеммам выпрямителя, при поочередном включении пар тиристоров, находящихся в противоположных плечах тиристорного моста $VS1$, $VS3$ и $VS2$, $VS4$, будет происходить перезаряд ИФЛ на противоположную полярность через дуговой промежуток без предварительного ее заряда от источника питания. Для обеспечения непрерывности горения дуги на интервале между импульсами ИФЛ зашунтирована резистором R .

Устройство работает следующим образом. При подаче управляющих импульсов на тиристоры $VS1$ и $VS3$, находящихся в противоположных плечах тиристорного моста, конденсаторы $C_{я}$ имеют отрицательный заряд на нижних и положительный на верхних обкладках конденсаторов ИФЛ. Батарея конденсаторов C_1-C_n на верхних обкладках всегда имеет положительный заряд от выпрямителя B . При открытии тиристоров $VS1$ и $VS3$ под действием суммарного напряжения источника питания B и напряжения заряженных конденсаторов $C_{я}$ происходит перезаряд ИФЛ по цепи: плюс выпрямителя B – тиристор $VS1$ – $\Phi Э$ – БНД – тиристор $VS3$ – шунт RS – изделие – дуговой промежуток (между изделием и электродом) – электрод – минус выпрямителя. В конце процесса перезаряда полярность конденсаторов $C_{я}$ сменится на противоположную – плюс на нижних обкладках, минус на верхних обкладках.

При открытии пары тиристоров $VS2$ и $VS4$ процесс перезаряда ИФЛ происходит аналогично процессу при открытии пары тиристоров $VS1$ и $VS3$.

Преимуществом использования предложенной схемы силовой части устройства является то, что выключение пар тиристоров происходит вследствие естественной коммутации путем уменьшения протекающего через них тока до нуля за счет заряда конденсаторов ИФЛ до напряжения, превышающего напряжение источника питания B . Это предотвращает протекание сквозного тока через тиристоры и дугу от источника питания.

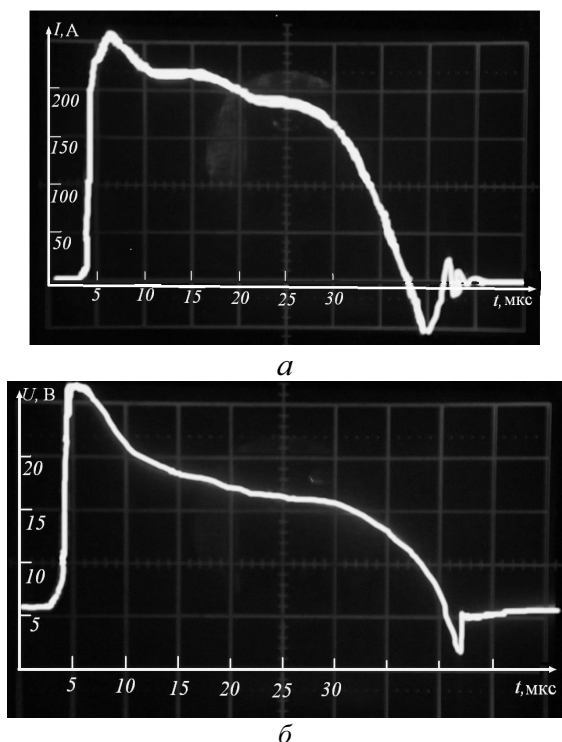


Рис. 2. Осциллограммы: а) импульса тока и б) напряжения дуги

Емкость батареи конденсаторов C_1-C_n намного больше суммарной емкости конденсаторов ИФЛ, поэтому внутреннее сопротивление выпрямителя не будет оказывать заметного влияния на процесс перезаряда ИФЛ. При очередном отпирании пар тиристоров $VS2$ и $VS4$, $VS1$ и $VS3$ через дуговой промежуток будет протекать импульс тока перезаряда ИФЛ, что исключает необходимость предварительного ее заряда от источника B .

Осциллограммы импульсов тока в сварочной цепи и напряжения дуги приведены на рис. 2. Регистрация тока осуществлялась с использованием безиндуктивного шунта RS .

Амплитуду импульсов тока в сварочной цепи определяют по выражению [5]:

$$I_{им} = \frac{U + U_c - U_d}{2\rho},$$

где U , U_c , U_d – напряжения источника питания B , заряда формирующей линии и дугового промежутка; $\rho = \sqrt{L_n/C_n}$ – волновое сопротивление форми-

рующей линии; L_n и C_n – индуктивность дросселя и емкость конденсатора ячейки формирующей линии.

На вершине импульсов проявляются наложенные колебания, число которых находится в пропорциональной зависимости от количества n ячеек ИФЛ. Величина первого наибольшего выброса колебаний [5] тока и напряжения практически не зависит от числа звеньев ИФЛ и определяется параметрами первой ячейки. Однако предъявляемые высокие требования к постоянству формы вершины импульсов требуют коррекции последней [5]. Для уменьшения первого выброса колебаний и плавного перехода от дежурного тока к импульсу (в области малых токов) используется быстросыщающийся дроссель. При этом активная длительность формируемого импульса тока равна [5]:

$$t_{им} = 2,2n\sqrt{L_n C_n},$$

где n – количество ячеек формирующей линии.

Как было отмечено ранее, фронт импульса определяется параметрами первой ячейки ИФЛ, таким образом, выражение для активной длительности фронта будет выглядеть как [5]:

$$t_{ф} = 0,61\sqrt{L_n C_n} \cong 0,27 \frac{t_{им}}{n}.$$

В отличие от активной длительности фронта, которая не зависит от числа ячеек линии, длительность среза зависит от их количества [5]:

$$t_c \cong (2,3 + 0,075n)\sqrt{L_n C_n}.$$

Активная длительность среза примерно в 4 раза превосходит активную длительность фронта формируемого импульса, благодаря чему не нарушается ламинарное истечение защитного газа и защита сварного шва, о чем свидетельствует внешний вид шва (поверхность, блестящая без наличия окислов).

Для исследования формирования сварного шва производили наплавку и сварку стальных образцов (без присадочного материала). Образцы из стали Ст3 толщиной 1; 1,5 и 4 мм размерами 150×50 мм закрепляли в прижимном приспособлении. Сварку проводили неплавящимся электродом в аргоне: $I_{им} = 200...300$ А; ток дежурной дуги – $I_{д0} = 8...12$ А; длительность импульсов 40...75 мкс; $U_d = 32$ В; диапазон частоты следования импульсов 750...3000 Гц. Показана высокая устойчивость горения дуги при малой ширине шва (рис. 3).

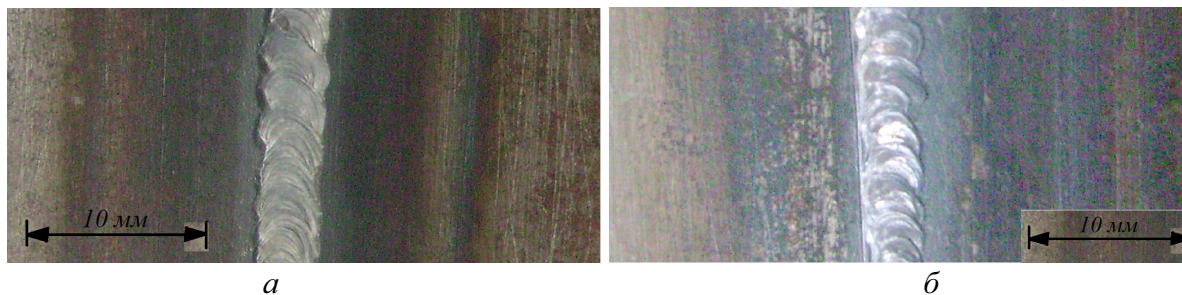


Рис. 3. Внешний вид: а) прямой и б) обратной стороны сварного шва

Исследования показали, что динамический режим обеспечивает концентрированный ввод тепловой энергии при качественном формировании шва. Полученные образцы сварных швов имеют мелкочешуйчатую поверхность. Ширина шва с лицевой и обратной стороны одинакова и составляет 4 мм, что свидетельствует о концентрированном вводе тепла в изделие. Сплавление образцов происходит по всей длине образцов. При сварке пластин дугой, горящей в динамическом режиме, даже с заведомым превышением кромок, равным толщине свариваемых пластин, обеспечивается гарантированное качество сварного соединения во всех пространственных положениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славин Г.А., Столпнер Е.А. Некоторые особенности дуги, питаемой кратковременными импульсами тока // Сварочное производство. – 1974. – № 2. – С. 3–5.
2. Князьков А.Ф., Бирюкова О.С. Перспективы использования дуги горящей в динамическом режиме // Знания, умения, навыки – путь к созданию новых инженерных решений: Матер. регион. научно-практ. конф. – Томск, 2007. – С. 13–15.

Разработанное устройство обеспечивает устойчивое горение дуги в динамическом режиме, что позволяет улучшить качество сварного соединения и энергетические показатели работы за счет:

- обеспечения локального ввода тепла в изделие;
- широких регулировочных возможностей по частоте следования импульсов тока;
- исключения возможности протекания сквозного тока от источника питания через дуговой промежуток;
- исключения этапа предварительного заряда формирующей линии;
- исключения остаточного намагничивания сердечника быстронасыщающегося дросселя.

3. Трофимов Н.М., Синицкий Р.В. Динамические характеристики импульсной дуги при сварке в аргоне // Сварочное производство. – 1967. – № 8. – С. 8–10.
4. Устройство для формирования импульсов сварочного тока: пат. 2343051 Рос. Федерация. Заявл. 04.06.07; опубл. 10.01.09, Бюл. № 1.
5. Ицкохи Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. – М.: Советское радио, 1972. – 592 с.

Поступила 11.04.2010 г.

УДК 620.97

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Ф. Саврасов, Ф.В. Саврасов*, А.В. Юрченко*, В.И. Юрченко

ОАО НИИПП, г. Томск

*Томский политехнический университет

Email: yur_med@mail.ru

Проведен годичный мониторинг совместной работы солнечно-ветровой энергетической установки и установлены оптимальные параметры их работы в зимний период. Методом многомерных векторов проанализированы различные факторы развития солнечной энергетики в Томской области и показан высокий уровень научно-производственной базы и приемлемого уровня солнечно-ветровых ресурсов.

Ключевые слова:

Возобновляемая энергия, фотоэлектрические системы, солнечная радиация, мониторинг работы солнечных батарей.

Key words:

Renewable energy, photovoltaic systems, solar radiation, tests of solar batteries.

Коренное изменение структуры потребления энергетических ресурсов произошло в XX в. с преобладанием газовой и появлением ядерной энергетики, что расширило виды невозобновляемых энергетических ресурсов природы. Солнечная энергетика имеет наиболее простые причинно-следственные связи и позволяет достичь с природой равновесного или близкого к нему функционирования. Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена высокими темпами развития солнечной энергетики и расширением географии использования фотоэлектрических систем (ФЭС) [1, 2]. ФЭС в сочетании с ветроэнергетическими уста-

новками и топливными водородными элементами эффективны с точки зрения использования возобновляемых ресурсов. Согласно прогнозам (экспертов Госдумы) доля возобновляемой энергетики в России к 2015 г. составит 2,5...3 %, а эксперты Международного энергетического агентства прогнозируют в мире увеличение ее доли до 9...19 % к 2050 г.

Как показано во многих работах [1–4] баланс энергоресурсов на рынке Томской области (ТО) не положительный. Значительная часть электроэнергии (40 %) закупается в соседних регионах, а все дизельное топливо завозится. Многие север-