

Н.Н. ПЕТРОСЯН

**СЕТЕВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ МОЩНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ
СВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК**

Рассматриваются вопросы разработки новых сетевых тиристорно-конденсаторных преобразователей для мощных источников питания электроконтактных сварочных установок. Устройство содержит импульсный регулятор напряжения, обеспечивающий стабилизацию и изменение выходного напряжения, а также выполняющий функцию защиты от перегрузок и аварийных процессов. Данный преобразователь позволяет за счет использования прямоугольной формы напряжения улучшить качество стыка, уменьшить время сварки и влияние на питающую сеть, а также сократить расход металла при сварке.

Ключевые слова: стыковая сварка, трехфазный преобразователь, демпфирующий конденсатор, параллельный инвертор.

Стыковые электроконтактные сварочные установки непрерывным оплавлением нашли широкое применение при сварке металлических изделий большого сечения. Они позволяют получить высококачественные стыки за короткое время. При стыковой сварке торцы деталей приводятся в соприкосновение, после чего вдоль деталей пропускается значительный ток, разогревающий место стыка до необходимой для сварки температуры. Затем продольным сжимающим усилием достигается непосредственная сплоченность соединения [1].

Контактная сварка может осуществляться как на постоянном, так и на переменном токе, однако на практике применяется почти исключительно переменный ток, так как необходимые для сварки токи порядка тысяч и даже десятков тысяч ампер при напряжениях в несколько вольт могут быть наиболее просто получены при помощи трансформаторов.

В настоящее время в серийно выпускаемых установках для стыковой сварки оплавлением питание производится от трехфазной сети, либо в автономных установках, от дизельэлектрического агрегата переменного трехфазного напряжения. В том и другом случаях используется лишь одна фаза источника, форма сетевого тока сильно искажается, что и определяет низкий коэффициент мощности сварочной установки и ее завышенную установленную мощность.

Как показали технологические исследования фирмы "Mitsubishi Electric" (Япония) [2], при обычной сварке оплавлением, когда используется синусоидальный переменный ток, мгновенная величина напряжения все время изменяется, поэтому трудно обеспечить стабильное оплавление. Исходя из этого, был разработан преобразователь к сварочным электроконтактным машинам, обеспечивающий прямоугольную форму выходного напряжения. Трехфазный переменный ток преобразуется в постоянный с помощью выпрямителя, а затем с

помощью автономного инвертора напряжения - в напряжение прямоугольного переменного тока, которое затем подается на сварочную машину. Однако использование автономного инвертора напряжения, в котором регулирование осуществляется собственными средствами, ведет к значительному усложнению силовой части и управления инвертора. Импульсное фазовое управление инвертором не обеспечивает высокий коэффициент мощности и имеет низкое быстродействие.

Другим решением является использование импульсного регулятора (ИР) напряжения, подключенного на входе инвертора, обеспечивающего стабилизацию и изменение выходного напряжения, а также выполняющего функции защиты от перегрузок и аварийных процессов в силовой части инвертора и нагрузки [3].

Недостатком преобразователя с ИР является регулирование выходных параметров только за счет частотно-импульсного регулирования (ЧИР), что ухудшает форму сетевого тока на низких частотах модуляции ИР и уменьшает коэффициент мощности установки. Устранение указанных недостатков может быть достигнуто путем использования совместно с ЧИР широтно-импульсного регулирования (ШИР), что позволит значительно уменьшить диапазон частоты модуляции ИР, а также изыскать новые схемотехнические решения с целью устранения колебательных процессов между индуктивностями рассеяния и конденсаторами схемы.

Таким образом, создание высокоэффективных тиристорно-конденсаторных преобразователей с улучшенными энергетическими показателями для электротехнологии, в частности для стыковой сварки непрерывным оплавлением, в настоящее время является актуальной задачей.

Силовая часть источника питания (рис.1) включает в себя неуправляемый трехфазный выпрямитель VD1-VD6, демпфирующий конденсатор C1, подключенный с помощью двух обратных диодов VD7, VD8, дозирующий ключ, собранный на тиристорах V1-V4 по однофазной мостовой схеме, в диагональ которого подключен дозирующий (коммутирующий) конденсатор C2. Для осуществления ШИР дозирующий ключ дополнен двумя тиристорами V5-V6 и дросселем L_K . На выходе импульсного регулятора через сглаживающий дроссель L подключены параллельный инвертор (ПИ) V7-V10 и коммутирующий конденсатор C3 параллельного инвертора.

Схема системы управления (СУ) преобразователем состоит из трех основных узлов: блока управления импульсным регулятором (БУИР), блока управления инвертором (БУИ), блока защиты. Режим работы преобразователя и его выходные параметры контролируются датчиками тока DT1, DT2 и напряжения ДН1, ДН2, ДН3.

Как видно из временных диаграмм (рис.2), величина и частота выходного напряжения U_1 определяются задающими сигналами $U_{\text{н}}$ и $U_{\text{п}}$, которые поступают на вход БУИР и БУИ и могут изменяться в процессе сварки, либо оставаться постоянными. В первом случае изменение сигналов $U_{\text{н}}$ и $U_{\text{п}}$ производится с помощью программного устройства (здесь не показано) таким образом, чтобы обеспечить требуемое качество сварочного соединения.

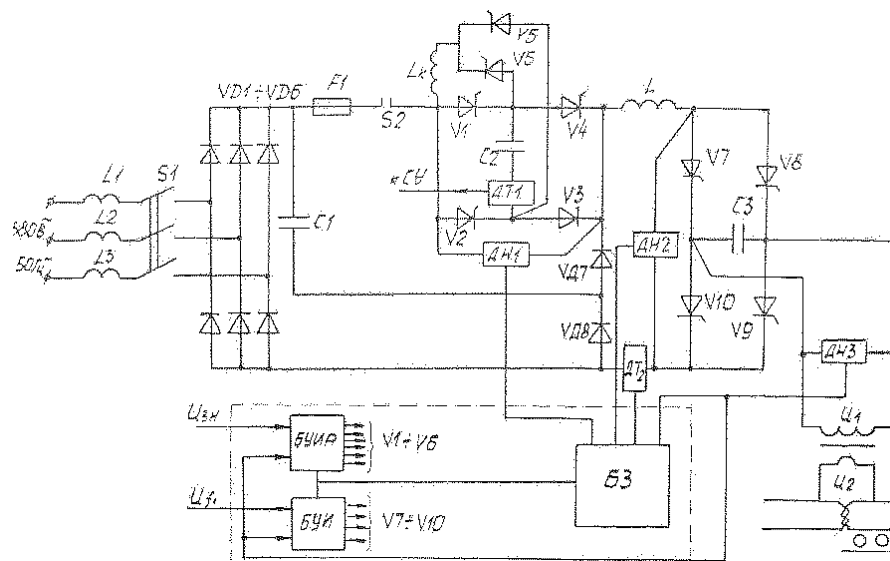


Рис.1. Упрощенная силовая схема и основные узлы СУ преобразователя

Стабилизация и регулирование выходного напряжения в режиме ЧИР производится путем однопозиционного слежения за сигналом задания $U_{зн}$. В режиме ЧИР регулирование выходного напряжения осуществляется следующим образом. Сигнал обратной связи $U_{диз}$ пропорционально напряжению U_1 поступает на вход системы управления, где сравнивается с задающим сигналом $U_{зн}$. В момент снижения напряжения на нагрузке U_1 ниже заданного уровня при $i_{c2}=0$ формируются очередные импульсы управления тиристорами дозирующего моста, которые поступают на тиристоры $V1, V3$, либо $V2, V4$. В результате отпираются очередные пары тиристоров дозирующего моста, и происходит перезаряд дозирующего конденсатора $C2$. В момент, когда напряжение на $C2$ достигает напряжения на выходе выпрямителя, открываются обратные диоды $VD7$ и $VD8$, и ток дросселя L_d , замыкаясь через них, начинает уменьшаться. Напряжение U_1 увеличивается и затем вновь начинает падать. При $U_1=U_{зн}$ формируются очередные импульсы управления тиристорами $V2, V4$, либо $V1, V3$ аналогично вышеописанному способу, и процессы в преобразователе повторяются.

Смена полярности напряжения U_1 производится следующим образом. В момент $t_{см}$ (рис.2) подается команда на изменение полярности напряжения, при этом блокируется управление импульсного регулятора, после чего через время t_n происходит включение очередной пары тиристоров параллельного инвертора. В результате к ранее проводившим тиристорам прикладывается обратное напряжение, и они запираются. Конденсатор $C3$ перезаряжается за счет тока, протекающего через индуктивность L по контуру: $VD7$ - $VD8$ -дроссель L и вновь включившиеся тиристоры ПИ. По истечении времени t_n снимается запрет на подачу импульсов управления на тиристоры ИР.

Для обеспечения надежного запираения ранее проводивших тиристоров ИР и ПИ в процессе изменения полярности выходного

напряжения U_1 предусмотрены временные задержки t_3 и t_4 . В источнике путем ограничения вольт-секундного интеграла напряжения U_1 осуществляется защита от насыщения сварочного трансформатора. При этом очередная пара тиристоров ПИ включается в момент достижения вольт-секундным интегралом заданного значения. При срыве работы ПИ происходит блокирование управляющих импульсов ИР. Если происходит срыв импульсного регулятора, например, ранее открытые тиристоры не запираются, аварийная ситуация фиксируется датчиком напряжения ДН1, и СУ вырабатывает сигнал принудительного отключения выключателя S1. При осуществлении ШИР (на рис.2 не показано) необходимо при постоянстве частоты работы тиристоров V1-V4 отпирать V5 или V6 с некоторой задержкой, в результате чего по контурам $L_k-V1-C2-V5(V6)$ или $L_k-V2-C2-V5(V6)$ происходит колебательный перезаряд коммутирующего конденсатора C_k . Изменяя моменты подачи отпирющих импульсов на V5 и V6, можно регулировать выходное напряжение преобразователя, тем самым осуществляя ШИР.

Преобразовательный блок рассчитывается, исходя из следующих условий. Активная мощность, потребляемая сварочной установкой в режиме оплавления, определяется выражением

$$P_{\text{опл}} = P_{\text{ср}} S,$$

где $P_{\text{ср}}$ - удельная средняя потребляемая мощность за полный цикл сварки; S - площадь сечения стыка.

Для обеспечения устойчивого оплавления максимально потребляемая преобразователем мощность определяется из условия

$$P_{\text{max}} \geq (2 \div 3) P_{\text{опл}}.$$

Максимальная частота модуляции определяется с учетом условия надежной коммутации тиристоров дозирующего ключа.

Усредненная частота модуляции и потребляемый ток в режиме оплавления соответственно имеют вид

$$f_{\text{опл}} = f_{\text{max}} / 3, \quad I_{\text{опл}} = P_{\text{опл}} / E,$$

где f_{max} определяется выражениями, приведенными в [3].

На базе вышеописанного преобразовательного модуля разработан блок мощностью 250 кВт.

На рис.3 показаны экспериментально снятые внешние характеристики преобразователя (при работе на эквивалентную активную нагрузку, тип балласта РБ-301У2) для двух режимов: 1. $U_3=400$ В, 2. $U_3=200$ В.

Данный преобразователь позволяет за счет использования прямоугольной формы напряжения улучшить качество стыка, уменьшить время сварки и влияние на питающую сеть, а также сократить расход металла при сварке.

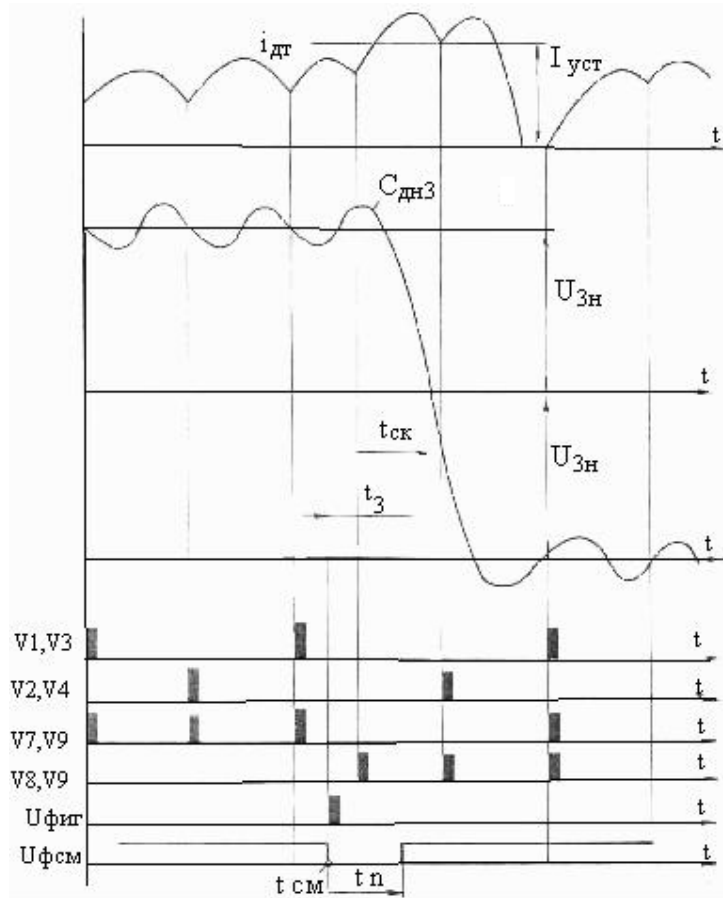
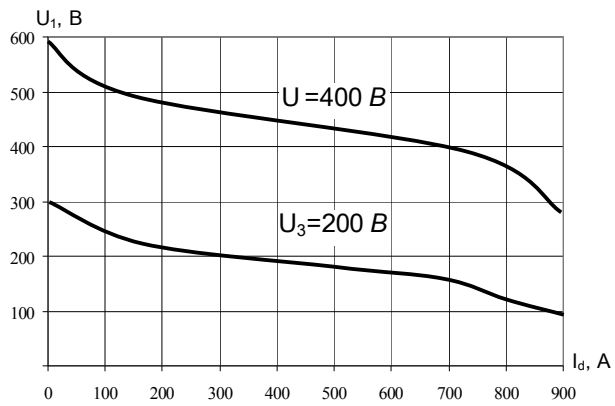


Рис.2. Временные диаграммы, поясняющие работу преобразователя в режиме ЧИР по рис.1

Рис.3. Внешние характеристики преобразователя мощностью 250 кВт



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лившиц В.С., Литвичук М.Д.** Прессовые методы сварки магистральных и промышленных трубопроводов. - М.: Недра, 1970. - 160 с.
2. Study of flash welding with a rectangular wave from power supply /**T. Okuda, M. Inada, T. Baba, K. Hara** // Document 79 of International Institute of Welding.- 1979.-7 p.
3. **Поляков В.Д.** Сравнительный анализ и обоснование выбора схем тиристорных преобразователей с дозированной передачей энергии для источников питания электроконтактных установок: Автореферат дис. ... канд. техн наук / МЭИ.- М., 1984. - 20 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 24.11.1999.

Ն.Ն. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԿՈՆՏԱԿՏԱՑՄԱՆ ԵՌԱԿՑՄԱՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ ՄԱՄԱՆ ԱՂԲՑՈՒՐՆԵՐԻ ՑԱՆՑԱՑԻՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Դիտարկվում են հզոր էլեկտրատեղակայման սարքավորումների համար նոր ցանցային տիրիատորակոնդենսատորային փոխակերպիչների մշակման հետ կապված հարցեր: Սարքավորումը պարունակում է լարման իմպուլսային կարգավորիչ, որն իրականացնում է էլքային լարման փոփոխությունը և կայունացումը, կատարում է գերլարումների և վթարային գործընթացի պաշտպանության ֆունկցիան: Փոխակերպիչը թույլ է տալիս լարման ուղղանկյունաձև տեսքի օգտագործման շնորհիվ լավացնել եռակցվանքի որակը, փոքրացնել եռակցման ժամանակը և ազդեցությունը սնող ցանցի վրա:

N.N. PETROSSYAN

A CIRCUIT CONVERTER FOR POWERFUL SOURCES OF ELECTROCONTACT WELDING DEVICE

The article considers problems concerning the elaboration of new circuit thyristor-condenser converters for powerful sources of electrocontact welding devices. The device contains a pulse voltage regulator which provides the stabilization and alteration of the output voltage as well as accomplishes the defence function from overloading and emergency processes. The rectangular voltage gives an opportunity to improve the welding quality, to decrease the welding time and metal consumption as well as the influence on the power source.