

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ В СРЕДЕ АКТИВНЫХ И ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Макаренко Н. А.

Разработана схема модернизации выпрямителя ВС-600. Промышленные испытания доказали, что модернизированный выпрямитель обеспечивает плавную дистанционную регулировку сварочного напряжения в широких пределах, что позволяет вести сварочные и наплавочные работы тонкой (менее 1 мм) проволокой в среде углекислого газа и аргона; наплавлять сплавы на основе меди. Стабилизатор горения сварочной дуги обеспечивает стабильность процесса наплавки при низких значениях напряжения холостого хода выпрямителя. При модернизации выпрямителей, имеющих ступенчатую регулировку выходного напряжения, целесообразно применять три однофазных мостовых полууправляемых выпрямительных блока, что существенно упрощает и удешевляет схему управления. Даны рекомендации по включению тиристоров с помощью оптронов в автоанодной системе включения тиристоров, что существенно повышает надежность работы системы. Применение стабилизатора горения дуги позволяет вести сварку и наплавку на режимах с низким напряжением дуги. Апробация усовершенствованного выпрямителя в условиях производства обеспечивает высокую безопасность труда сварщика.

Розроблено схему модернізації випрямляча ВС-600. Промислові випробування довели, що модернізований випрямляч забезпечує плавне дистанційне регулювання зварювальної напруги в широких межах, що дозволяє вести зварювальні та наплавочні роботи тонкою (менше ніж 1 мм) проволокою в середовищі вуглекислого газу і аргону; наплавляти сплави на основі міді. Стабілізатор горіння зварювальної дуги забезпечує стабільність процесу наплавлення при низьких значеннях напруги холостого ходу випрямляча. При модернізації випрямлячів, які мають ступінчасте регулювання вихідної напруги, доцільно застосовувати три однофазних мостових напівкерованих випрямлячів блоку, що істотно спрощує і здешевлює схему управління. Дано рекомендації по включенню тиристорів за допомогою оптронів в автоанодній системі включення тиристорів, що істотно підвищує надійність роботи системи. Застосування стабілізатора горіння дуги дозволяє вести зварювання і наплавлення на режимах з низькою напругою дуги. Апробація вдосконаленого випрямляча в умовах виробництва забезпечує високу безпеку праці зварника.

A scheme of modernization rectifier VS-600. Industrial tests have proved that an upgraded rectifier provides seamless remote re-gulirovku welding voltage over a wide range, which allows welding and surfacing works fine (less than 1 mm) wire in carbon dioxide and argon; overlay based on copper alloys. Stabilizer welding arc stability ensures a hundred-surfacing at low idle voltage straighten the middle. When upgrading rectifiers with step adjustment of the output voltage, it is advisable to apply the three-phase half-controlled bridge rectifying mitelnyh-block, which greatly simplifies and reduces the cost of the control circuit. The recommendations for the inclusion of the thyristors via optocouplers in avtoanodnoy B tem of thyristors, which significantly improves the reliability of the system. Application of arc stabilizer allows welding and surfacing on modes with low voltage arc. Testing of advanced rectifier in a production environment provides you sokuyu-safety welder.

Макаренко Н. А.

д-р. техн. наук,  
проф. ДГМА  
sp@dgma.donetsk.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.791.927.5

Макаренко Н. А.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ В СРЕДЕ АКТИВНЫХ И ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Благодаря своим высоким сварочно-технологическим свойствам, простоте конструкционной схемы и высокой надежности, сварочный выпрямитель ВС-600 получил широкое распространение в промышленности Украины и на постсоветском пространстве.

Выпускаемый несколько десятилетий выпрямитель применяется в основном для сварки и наплавки под слоем флюса, а также в среде углекислого газа.

Однако выпрямитель имеет существенные недостатки – невозможность работы на низких напряжениях при небольших токах (80–200 А), что ограничивает его применение при сварке и наплавке плавящимся электродом в среде аргона.

Кроме того, он имеет ступенчатое регулирование выходного напряжения, что затрудняет настройку режима, а также не обеспечивает (в случае необходимости) возможности изменения режима непосредственно в процессе работы (без остановки наплавки). Все это доказывает актуальность решения проблемы его усовершенствования методом модернизации.

Целью работы является разработка схемы модернизации выпрямителя, которая обеспечивает стабильность работы при низких выходных напряжениях и малых токах дуги, а также плавную регулировку выходного напряжения.

Поставленная задача решалась путем изменения схемы вторичной цепи выпрямителя ВС-600, введением в схему выпрямителя нового узла – стабилизатора горения дуги.

Силовая часть выпрямителя после модернизации (рис. 1) представляет собой три полууправляемых мостовых выпрямителей, собранных на диодах VD1-VD6 и тиристорах VS1-VS6.

Каждый из мостовых выпрямителей питается от отдельной вторичной обмотки трансформатора Т1, в то время как в схеме выпрямителя ВС-600 обмотки соединялись «треугольником» и нагружались на трехфазный мостовой выпрямитель (схема Ларионова).

Выходы всех трех полууправляемых мостовых выпрямителей соединены в параллель. Такое построение схемы выпрямителя, несмотря на увеличение в 2 раза количества силовых полупроводниковых приборов-диодов и тиристоров (по сравнению со схемой Ларионова), имеет ряд преимуществ.

Так, для полууправляемых мостовых схем, диапазон угла отсечки включения тиристоров составляет  $80^{\circ}$ , в то время как для схемы Ларионова лишь  $120^{\circ}$ , что существенно расширяет диапазон регулировки выходного напряжения.

Для полууправляемых мостовых схем токовые нагрузки на диоды и тиристоры в  $\sqrt{3}$  раз меньше, чем для схемы Ларионова, что позволяет применять силовые полупроводниковые приборы меньшей мощности [1], чем в некоторой степени компенсируется повышение стоимости выпрямительного блока, собранного на полууправляемых мостах.

Кроме того, усовершенствованная схема построения вторичной цепи выпрямителя позволяет применить для управления тиристорами три простых (надежных и доступных в обслуживании) однофазных схемы управления, основанных на счетчиках импульсов, вырабатываемых генератором импульсов.

Изменением частоты работы генератора импульсов с помощью потенциометра R1 достигается изменение фазы включения тиристоров VS.

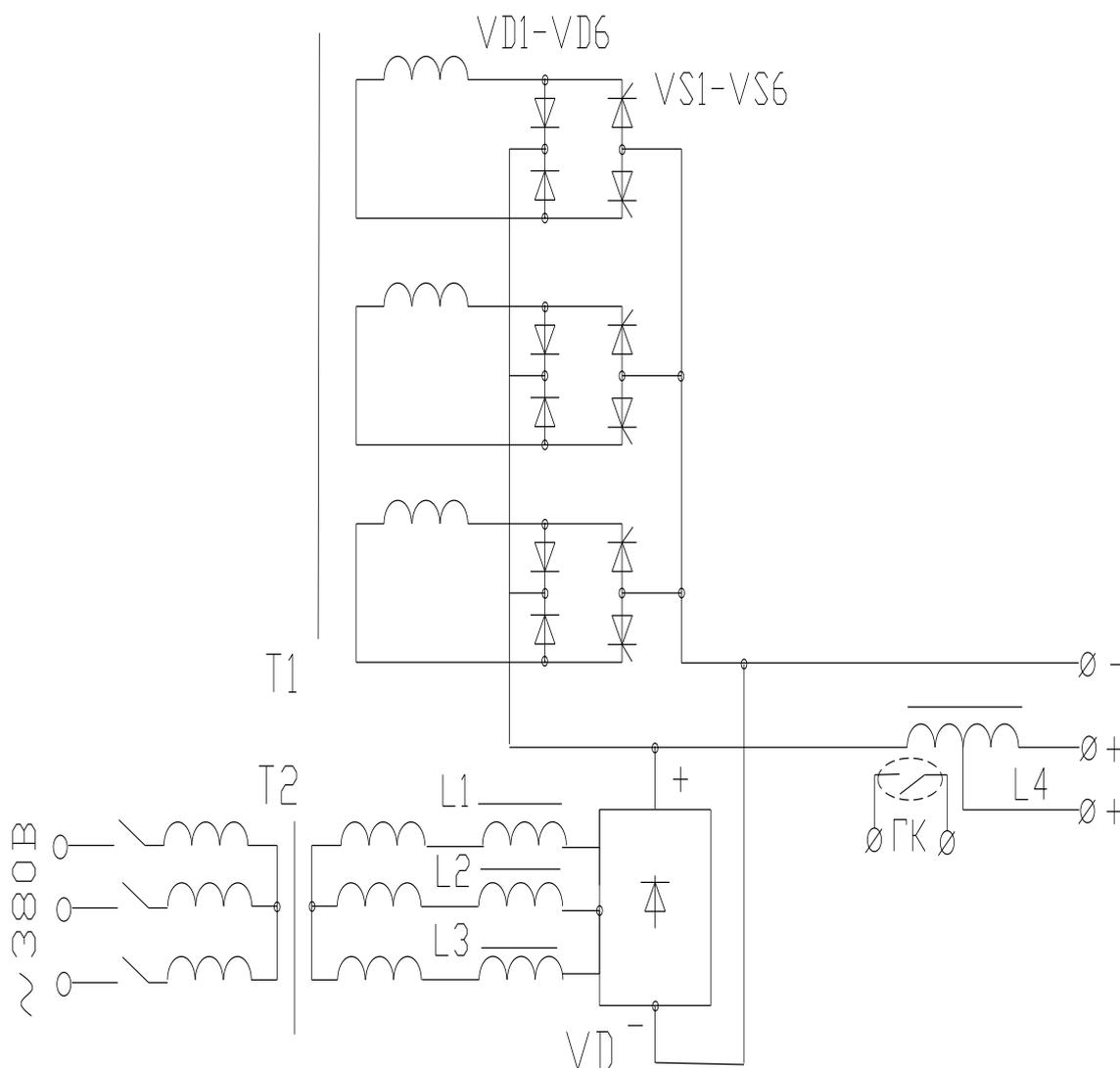


Рис. 1. Принципиальная схема усовершенствованного выпрямителя:

T1 – силовой трансформатор; T2 – трансформатор вспомогательный; VD – мостовой трехфазный выпрямитель; L1-L4 – дроссели; VD1-VD6 – диоды; VS1-VS6 – тиристоры

Включение этих тиристоров осуществляется с помощью оптронов в автоанодной системе включения тиристоров, что существенно повышает надежность работы системы.

При срабатывании счетчика импульсов включается вспомогательный тиристор, питаемый трапецеидальным напряжением, при этом через светодиоды оптопар и начинает протекать ток, ограниченный резистором, в результате чего включается оптотиристор той из оптопар, на аноде которой в данный момент времени находится положительный потенциал, соответственно, включается и силовой тиристор полупроводящих мостовых выпрямителей. Блоки управления тиристорами и имеют идентичную схему.

При наплавке в среде аргона короткой дугой с периодическими короткими замыканиями напряжение на дуговом промежутке относительно низкое, порядка 14 В, в связи с чем при случайных возмущениях длины дуги может произойти ее обрыв. Для стабилизации процесса горения дуги в схему выпрямителя введен стабилизатор горения дуги.

Стабилизатор состоит из трехфазного трансформатора, вторичные обмотки которого соединены звездой. Эти обмотки через дроссели, служащие для формирования крутопадающей характеристики, подключены к трехфазному мостовому выпрямителю. Стабилизатор

имеет напряжение холостого хода 120 В. Рабочий ток стабилизатора 12 А. Стабилизатор включается только при зажигании дуги контактором. Датчиком тока служит геркон, расположенный возле магнитного зазора дросселя выпрямителя ВС-600.

Такая схема включения обеспечивает безопасность работы сварщика, так как при отсутствии тока дуги стабилизатор не работает, в то же время во время горения дуги напряжение на дуговом промежутке определяется напряжением основного выпрямителя.

Модернизированный выпрямитель позволяет плавно регулировать напряжение холостого хода (от 4 до 55 В). Остальные технические характеристики сохранены в пределах, предусмотренных заводом-изготовителем.

Выпрямитель обеспечивает высокие сварочно-технологические характеристики и внедрен на ОАО «Донецксталь – металлургический завод» (г. Донецк) в составе установки УМ-250 для наплавки деталей – тел вращения.

### ВЫВОДЫ

1. При модернизации выпрямителей, имеющих ступенчатую регулировку выходного напряжения, целесообразно применять три однофазных мостовых полууправляемых выпрямительных блока, что существенно упрощает и удешевляет схему управления.

2. Установлено, что для полууправляемых мостовых схем токовые нагрузки на диоды и тиристоры в  $\sqrt{3}$  раз меньше, чем для схемы Ларионова, что позволяет при усовершенствовании выпрямителя ВС-600 применить силовые полупроводниковые приборы меньшей мощности, чем в некоторой степени компенсируется повышение стоимости выпрямительного блока, собранного на полууправляемых мостах.

3. Рекомендуются включение тиристоров осуществлять с помощью оптронов в анодной системе включения тиристоров, что существенно повышает надежность работы системы.

4. При наплавке в среде аргона короткой дугой с периодическими короткими замыканиями для стабилизации процесса горения дуги в схему выпрямителя необходимо вводить стабилизатор горения дуги, состоящий из трехфазного трансформатора, у которого вторичные обмотки соединены звездой через дроссели, служащие для формирования крутопадающей характеристики.

5. Аprobация усовершенствованного выпрямителя в условиях производства показала обеспечение высокой безопасности работы сварщика, так как при отсутствии тока дуги стабилизатор не работает, в то же время, во время горения дуги, напряжение на дуговом промежутке определяется напряжением основного выпрямителя.

6. Испытания показали, что применение стабилизатора горения дуги позволяет вести сварку и наплавку на режимах с низким напряжением дуги.

7. Доказано, что модернизированный выпрямитель позволяет плавно регулировать напряжение холостого хода в пределах от 4 до 55 В.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тиристоры. Технический справочник / Перевод с англ. В. А. Лабунцова, С. Г. Обухова, А. Ф. Свиридова. – М. : Энергия, 2011. – 560 с.

2. Карпенко В. М. Влияние режимов наплавки роликов МНЛЗ на свойства наплавленного слоя, выполненного проволокой с системой легирования Cr, Ni, Mo, V, Nb / В. М. Карпенко, В. А. Невидомский, Ю. В. Окунев // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. – Краматорськ : ДДМА. – 2000. – С. 511–514.

3. Карпенко В. М. Способы наплавки, факторы и параметры режимов наплавки, обеспечивающие высокие эксплуатационные показатели роликов / В. М. Карпенко, В. А. Невидомский, Ю. В. Окунев // Автоматическая сварка. – 2005. – №11. – С. 56–63.

4. Карпенко В. М. Основные критерии стойкости роликов МНЛЗ, упроченных наплавкой / В. М. Карпенко, В. А. Невидомский, Ю. В. Окунев // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Мариуполь : ПДТУ. – 2007. – № 14. – С. 80–84.
5. Корниенко А. Н. Преимущества упрочнения и восстановления пресс-форм для стекла способом плазма-МИГ наплавки / А. Н. Корниенко, Н. А. Макаренко, К. А. Кондрашов // Материалы международной научно-технической конференции «Инженерия поверхности и реновация изделий». – Феодосия. – 2001. – С. 126–128.
6. Дюржеров М. Г. Оборудование для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом / М. Г. Дюржеров, Х. Н. Сагиров, В. А. Ленивкин. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 80 с.
7. Макаренко Н. А. Тиристорная установка для сварки легких металлов / Н. А. Макаренко, В. В. Чигарев, К. А. Кондрашов, А. В. Грановский // Зб. наук. праць Українського державного Миколаївського технічного університету. – Миколаїв. – 2001. – №1. – С. 101–106.
8. Макаренко Н. А. Наплавка чугуновых пресс-форм для формовки стеклянных изделий / Н. А. Макаренко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Мариуполь : ПДТУ. – 2002. – №12. – С. 157–160.
9. Разработка установок для плазменных способов нанесения покрытий на массивные стальные и чугунные детали / Н. А. Макаренко [и др.] // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Мариуполь : ПДТУ. – 2003. – № 13. – С. 180–184.
10. Макаренко Н. А. Удосконалення устаткування для експериментального вивчення електроенергетичних характеристик дугового розряду перемінного току / Н. О. Макаренко [и др.] // Захист металургійних машин від поломок. Міжвуз. тематичн. зб.наук. праць. – Вип. 8. – Мариуполь : ПДТУ. – 2005. – С. 224–226.
11. Макаренко Н. А. Разработка установки для плазма - МИГ наплавки плющенкой / Н. А. Макаренко [и др.] // Композиционные материалы в промышленности. Тр. Двадцать пятой Юбилейной междунар. конф. – Ялта, 2005. – С. 76–77.
12. Макаренко Н. А. Мощный возбудитель-стабилизатор сварочной дуги / Н. А. Макаренко [и др.] // Сварочное производство. – 2007. – №7(872). – С. 14–16.
13. Макаренко Н. А. Разработка универсального оборудования для плазма-МИГ наплавки / Н. А. Макаренко, А. М. Куций, Н. А. Грановская // Важке машинобудування, проблеми та перспективи розвитку. Сб. тр. 6 междунар. науч.-техн. конф. – Краматорск : ДДМА, 2008. – С. 76–79.
14. Макаренко Н. А. Выпрямляч ТОРБКА для наплавлення на великих потужностях / Н. А. Макаренко [и др.] // Машинознавство. – №11(137). – 2008. – С. 45–47.
15. Макаренко Н. А. Установка микроимпульсной сварки ТОР-120 / Н. А. Макаренко [и др.] // Захист металургійних машин від поломок. Міжвузів. тематич. зб. наук. праць. – Вип. 10. – Мариуполь : ПДТУ, 2008. – С. 12–20.
16. Макаренко Н. А. Выпрямитель для высокопроизводительных способов наплавки / Н. А. Макаренко [и др.] // Сварщик. – 2009. – №1. – С. 18–19.
17. Макаренко Н. А. Разработка мощного сварочного выпрямителя / Н. А. Макаренко [и др.] // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2009. – №1(15). – С. 199–202.
18. Макаренко Н. А. Циклоконверторные источники питания для ЭСП / Н. А. Макаренко [др.] // Сварщик. – 2009. – №6. – С.36-37
19. Макаренко Н. А. Источник питания для автоматической импульсной электродуговой наплавки / Н. А. Макаренко [и др.] // Сварочное производство в Машиностроении: перспективы и развитие. Тез. докл. II Междунар. науч.-техн. конф. 05-08 октября 2010 – Краматорск : ДГМА. – 2010. – С. 37.