

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ**

**И. И. Заруба, д. т. н., А. Ф. Шатан, инж., А. М. Жерносеков, к. т. н.,
В. Н. Сидорец, д. т. н.**

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев.

В настоящее время в коммунальном и жилищном хозяйстве дуговая сварка почти повсеместно вытеснила газовую сварку. Источники питания сварочной дуги позволяют осуществлять одно- и многопроходную сварку в любых пространственных положениях конструкций с различной конфигурацией швов и подготовкой кромок; получать качественные сварные швы, которые расположены в стесненных, труднодоступных местах. Интенсивно развивается направление инверторных сварочных источников питания, которые характеризуются малыми массогабаритными параметрами [1]. Однако инверторы имеют ряд существенных недостатков: сложность и недостаточная надежность электрической схемы, что требует высококвалифицированного персонала и сети сервисных центров, достаточная высокая стоимость, что препятствует их широкому применению, широкий спектр и высокий уровень высших гармоник тока, которые генерируют сварочные инверторы, искажая синусоидальную форму тока и напряжения сети, что требует обязательного применения фильтров высших гармоник тока. Эти недостатки в сегодняшних экономических условиях препятствуют широкому внедрению инверторов в коммунальное и жилищное хозяйство. Трансформаторные источники питания сварочной дуги, обладая рядом положительных свойств, например, небольшой стоимостью, надежностью и технологичностью, менее всего воздействуют на питающую сеть. Одними из перспективных направлений является также разработка импульсных устройств для стабилизации горения дуги (УСГД) в сочетании с трансформаторными источниками питания переменного тока. Поэтому актуальной является проблема уменьшения массы и энергопотребления источников питания сварочной дуги на базе сварочных трансформаторов.

С уменьшением напряжения холостого хода трансформатора напряжение зажигания дуги при изменении полярности тока, как правило, увеличивается незначительно. Однако при случайных возмущениях, например, по длине дуги и режиму сварки, напряжение зажигания при низких значениях напряжения холостого хода больше, чем при высоких, особенно, если значение эффективного потенциала ионизации дугового газа велико. Увеличение напряжения зажигания тем больше, чем дольше длятся случайные возмущения. Поскольку частота случайных возмущений намного ниже частоты промышленного переменного тока, эти возмущения могут стать причиной нарушения стабильности процесса сварки.

Увеличение холостого хода сварочных трансформаторов является одним из средств предотвращения случайных повышений значений напряжений зажигания. Именно таким образом в источник питания сварочной дуги заранее закладывается излишек дорогостоящих активных материалов (электротехнические медь и сталь) на случай появления возмущений, которые могут привести к нежелательному росту напряжения зажигания дуги. Этот путь повышения стабильности процесса сварки неэкономичен [2].

В Институте электросварки (ИЭС) им. Е.О. Патона накоплен опыт по разработке различных вариантов УСГД. Применение таких устройств на практике позволяет улучшать качество формирования сварного шва, увеличивать производительность процесса сварки, способствует экономии электроэнергии и дает возможность применять более производительные режимы и дешевые электроды для сварки постоянным током. Учитывая низкую стоимость таких устройств (до 5% от стоимости готового трансформатора) и массовый выпуск трансформаторов существует реальная возможность улучшения качества дуговых сварочных процессов.

На рисунке 1 представлены внешние вольтамперные характеристики трансформаторов, в том числе и с использованием УСГД.

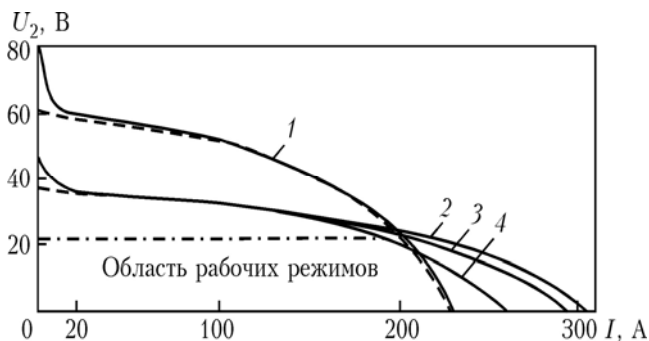


Рис. 1. Внешние вольтамперные характеристики трансформаторов в области рабочих режимов: 1 — СТШ-500 ($U_2 = 60$ В, $I_2 = 200 \dots 215$ А); 2, 3, 4 — опытный трансформатор с УСГД ($U_2 = 36$ В, $I_2 = 215$ А, $I_2 = 195$ А, $I_2 = 185$ А).

Трансформатор с низкими значениями напряжения холостого хода (U_2) имеет более жесткие внешние характеристики в диапазоне рабочих режимов, чем с высоким U_2 . Кроме того расширяется диапазон рабочих токов. При этом из трех его внешних характеристик (кривые 2–4 на рис.1) для приведенных выше режимов сварки (соответственно 215, 195 и 185 А), кривая 4 наиболее близкая по значению тока короткого замыкания трансформатору с $U_2 = 60$ В (кривая 1). Таким образом, трансформатор с $U_2 = 37$ В, снабженный УСГД, работающим на частоте 100Гц, обеспечивает сварку на токе около 200А (по-

крытыми электродами как переменном, так и постоянном токе). При этом имеет место экономия материальных и энергетических затрат [3,4].

На основании выполненных исследований в ИЭС им. Е.О. Патона разработан сварочный трансформатор для дуговой сварки комбинированный с УСГД типа ТДК-315 ($U_2 = 45\text{В}$; номинальный ток $I_{\text{ном}} = 315\text{ А}$). Встроенный в трансформаторный источник стабилизатор горения дуги УСГД генерирует за полупериод два импульса. При сравнении его технических характеристик с серийным трансформатором (ТДМ-317) было установлено, что в разработанном трансформаторе ТДК-315 ввиду увеличения коэффициента трансформации номинальный первичный ток уменьшается и для создания номинальной мощности дуги $P_{2\text{ном}} = 10,3\text{ кВт}$ он потребляет из сети мощность $P_c = 17,6\text{ кВт}\cdot\text{А}$. Для создания такой же мощности дуги серийный трансформатор ТДМ-317 ($U_2 = 65\text{ и }80\text{ В}$) потребляет из сети мощность $22,5\text{ кВт}\cdot\text{А}$, т. е. расходует на $4,9\text{ кВт}\cdot\text{А}$ (на 22 %) больше энергии, чем созданный трансформатор ТДК-315. Разработанный трансформатор имеет более высокий коэффициент полезного действия и $\cos\varphi$, а также рациональнее использует потребляемую энергию. Экономия электротехнических материалов по сравнению с аналогом ТДМ-317 составляет около 35 %. Кроме того, разработанный трансформатор ТДК-315 по своим сварочно-технологическим свойствам лучше трансформатора с механическим регулированием типа ТДМ-317, поскольку позволяет выполнять сварку электродами, предназначенными для постоянного тока.

На рисунке 2 приведены зависимости от времени t относительных значений тока i^* и напряжения u^* в питающей сети при работе трансформатора с устройством стабилизации горения дуги и сварочного инвертора [5].



Рис. 2. Зависимости тока и напряжения в питающей сети от времени: а – промышленного однофазного сварочного трансформатора СТШ-250 (с разработанным устройством стабилизации горения сварочной дуги); б – однофазного транзисторного инверторного источника питания ВДИ-200.

Разница в форме кривых, особенно тока, очевидна. Форма кривых тока и напряжения сварочного трансформатора СТШ-250 с УСГД незначительно отличаются от синусоидальной. Наблюдается наложение кратковременного импульса, соответствующего импульсу стабилизатора, и небольшой излом кривой тока при переходе через нуль.

Кривая тока источника питания ВДИ-200 представляет собой ярко выраженный импульс на фоне почти нулевых значений на остальном протяжении полупериода. Кривая напряжения хотя и похожа на синусоиду, но имеет срезы в области экстремумов. Подобная форма кривой напряжения может приводить к ложным срабатываниям устройств бесперебойного питания, подключенным к той же сети, которые включаются при понижении амплитудного значения напряжения сети.

Установлено, что при изменении режима сварки значения коэффициентов нелинейных искажений напряжения и тока значительно изменяются. При этом для СТШ-250 (с УСГД) коэффициент суммарного значения коэффициента нелинейных искажений (гармоник) тока TND_I лежит в диапазоне 13...24%, а коэффициент нелинейных искажений (гармоник) напряжений TND_U – в диапазоне 2,5...3,5%. Для инверторного источника ВДИ-200 при изменении режима сварки коэффициент TND_I может колебаться в диапазоне 82,0...121,5%, а коэффициент TND_U – в диапазоне 2,8...6,7%. Эти результаты свидетельствуют о хорошей электромагнитной совместимости трансформаторных сварочных источников питания. Для них нет необходимости использования фильтров высших гармоник.

В ИЭС им. Е.О. Патона развивается направление, связанное с многопостовыми системами питания сварочной дуги [2, 6], которые перспективно применять на крупных строительных объектах, где расположено большое количество сварочных постов. Предложено применение мощного сварочного трансформатора с жесткой характеристикой с подключением к нему сварочных постов, каждый из которых представляет собой компактный регулируемый дроссель, снабженный устройством стабилизации горения дуги. Могут также использоваться УСГД, которые встроены в сварочный трансформатор.

Использование многопостовых систем питания приводит к экономии электротехнических материалов при их изготовлении на 33...40 %, а электроэнергии при эксплуатации на 35...40 %. Они в 3...6 раз занимают меньше производственных площадей и в 2...3 раза уменьшаются затраты на амортизацию, обслуживание и ремонт оборудования.

Необходимо отметить, что при расчете экономического эффекта применения многопостовых систем следует учитывать и другие положительные факторы, например, возможность монтажа на каждом сварочном посту УСГД делает такой пост универсальным: можно осуществлять сварку электродами как на постоянном, так и переменном токе, а также неплавящимся электродом нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов. Кроме того, УСГД облегчает

труд сварщика, повышает качество сварки, увеличивает долю времени горения дуги в общем времени сварки [1].

Таким образом, применение в сварочных трансформаторах устройств стабилизации горения дуги, разработанных в ИЭС им. Е.О. Патона, позволяет снизить напряжение холостого хода трансформаторов, что экономит электроэнергию и уменьшает расход электротехнических материалов. Для многопостовых систем переменного тока происходит экономия электроэнергии по сравнению с многопостовой системой постоянного тока, уменьшаются затраты на амортизацию, обслуживание и ремонт оборудования. Трансформаторные источники питания дуги, менее всего влияют на питающую сеть. Наиболее широкий спектр высших гармоник тока генерируют сварочные инверторы, которые более всего искажают синусоидальную форму тока и напряжения сети, что требует обязательного применения фильтров высших гармоник тока.

Использованная литература

1. Marahrens R. Die Entwicklung geht weiter // Der Praktiker— 2011. — № 11. — С. 458—462.
2. Патон Б.Е., Заруба И.И., Дыменко В.В., Шатан А.Ф. Снижение материалоемкости источников питания и потребления электроэнергии при сварке //Автоматическая сварка. — 2006. — № 10. — С. 20–29.
3. Пентегов И.В., Дыменко В.В., Рымар С.В. Влияние насыщения магнитной системы сварочного трансформатора на устойчивость горения дуги переменного тока // Автоматическая сварка. — 1995. — № 7. — С. 35–40.
4. Заруба И.И., Дыменко В.В., Болотько В.И. Применение стабилизаторов горения дуги с целью понижения напряжения холостого хода трансформаторов для ручной дуговой сварки //Автоматическая сварка. — 1982. — № 10. — С. 27–31.
5. Рымар С.В., Жерносеков А.М., Сидорец В.Н. Влияние однофазных источников питания сварочной дуги на электрическую сеть //Автоматическая сварка. — 2011. — № 12. — С. 9–15.
6. Заруба И.И., Дыменко В.В., Кухарский В.Я. Применение многопостовых источников переменного тока для дуговой сварки // Автоматическая сварка. — 1991. — № 2. — С. 59–63.