

УДК 621.644.073

А.В. Жуков, генеральный директор, ООО «АДР-Технология», e-mail: az@adr-t.ru

Физические процессы в сварочном аппарате при сварке с закладными нагревателями

Регламент действий оператора при выполнении сварки ПЭ-труб фитингами с закладными нагревателями [4, 5] и даже особенности этих действий при сварке необычных фитингов [6] умоглядно понятны. Тем не менее на практике большинство проблем возникает из-за нерадивого выполнения этих действий оператором. Нерадивое выполнение происходит, в частности, из-за неполного понимания процессов, происходящих в силовой электронике и программной логике сварочного аппарата во время сварки.

Ключевые слова: сварка с закладными нагревателями, фитинг с закладным нагревателем, аппарат для сварки с закладными нагревателями.

1. ТРЕБОВАНИЯ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НОРМАТИВОВ

Нормативные документы [7, 8] определяют основные требования к аппаратам для сварки с закладными нагревателями: варианты регулировки мощности нагрева, методы ввода сварочных параметров, точность, надежность, маркировку. При этом нормативы хотя и дают определения мощности, времени нагрузки и релаксации и прочих характеристик, но не определяют требований к их величине. Умение распознавать штрихкоды сварочных параметров [11, 12], отслеживания (traceability) [10] и карточки оператора [9] рекомендуется, но не требуется. Даже логика отслеживания нормального протекания сварочного процесса в нормативах [7, 8] описана хотя и довольно подробно, но в большинстве пунктов рекомендательно. И ни один норматив в мире не определяет принципиального устройства преобразователя напряжения (или тока) или системы охлаждения. Эти неопределенные подробности оставлены на усмотрение производителя сварочных аппаратов, и именно они определяют удобство работы оператора, максимальный свариваемый фитинг, продолжительность отдыха аппарата после сварки, логику контроля качества сварки. Эти подробности являются предметом патентования.

2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА АППАРАТА, КПД

Далее, когда будет идти речь о методе регулирования мощности нагрева, будем говорить о контролируемом напряжении $0 \div 48$ В, поскольку этот метод наиболее популярен.

Основное назначение аппарата – обеспечить напряжение в диапазоне $8 \div 48$ В при питании от однофазной сети 220 В. Принципиальная схема преобразователя напряжения (рис. 1) и даже коэффициент трансформации на первый взгляд кажутся очевидными:

- напряжение питания подаем на первичную обмотку трансформатора с коэффициентом трансформации $K_T = 4,58$. На вторичной обмотке получаем синусоиду (рис. 1) с действующим напряжением $U_{\text{втор}} = 220/4,58 = 48$ В;

- с помощью симистора от каждой полуволны отрезаем кусочек, величина которого зависит от требуемого сварочного напряжения $U_{\text{свар}}$. Если требуется $U_{\text{свар}} = 48$ В, то отрезаемый кусочек – нулевой.

Однако на практике при ненулевой нагрузке схема не работает. Как минимум по двум причинам:

- при подключении нагрузки во вторичной обмотке начинает течь ток $I_{\text{свар}}$ и создает в сердечнике магнитодвижущую силу (МДС). Опуская ненужные здесь

подробности, связанные с магнитным гистерезисом сердечника и сдвигом фаз, скажем, что чем выше ток во вторичной обмотке, тем ниже на ней напряжение, которое можно употребить на активную нагрузку (на нагрев спирали). При увеличении тока с 0 до 110 А полезное напряжение на вторичной обмотке упадет с 48 примерно до 43 В;

- падение напряжения на шнуре питания и удлинителе. При мощности нагрева 3,5 Вт это падение может составить до 5 В. Вычисляем подходящий коэффициент трансформации K_T . На этот раз учитываем:

- нормативы [7, 8] требуют работоспособности аппарата при колебаниях напряжения питания $\pm 15\%$ от номинала;
- падение на шнуре около 5 В;
- снижение полезного коэффициента трансформации под нагрузкой.

В итоге получаем оптимальный $K_T = 3,6$ с расчетом на российскую сеть питания 220 В (а не европейскую 230!). Тогда в самом тяжелом случае при падении напряжения в сети на 15% и падении на шнуре 5 В напряжение на первичной обмотке $U_{\text{перв}} = 187$ В. При высоком сварочном токе $I_{\text{свар}} = 110$ А на вторичной обмотке получим напряжение $U_{\text{втор}} = 48$ В. Отлично!

Правда, в самом идеальном случае, при напряжении в сети 220 В, при нулевом

падении на шнуре питания (предположим, он очень короткий), а также при среднем сварочном токе $I_{\text{свар}} = 65 \text{ A}$ во вторичной обмотке получим напряжение $U_{\text{втор}} = 57 \text{ V}$. Неожиданно! Даже если фитинг сваривается напряжением 48 В (а не 40 или 20 В), то все равно симистором придется обрезать приличную часть каждой полуволны напряжения.

Казалось бы, что страшного? Почему бы не использовать трансформатор, например, с $K_T = 3,0$? А проблема в том, что выбор K_T напрямую влияет на КПД аппарата. Опуская теорию, скажем, что КПД аппарата определяется как $U_{\text{свар}} / U_{\text{втор}}$. То есть увеличение $U_{\text{втор}}$ в общем случае снижает КПД. В нашем примере:

- в самом эффективном случае ($U_{\text{перв}} = 182 \text{ V}$, $U_{\text{втор}} = 48 \text{ V}$, $U_{\text{свар}} = 48 \text{ V}$) КПД аппарата близок к 1;

- в наихудшем случае ($U_{\text{перв}} = 220 \text{ V}$, $U_{\text{втор}} = 58 \text{ V}$, $U_{\text{свар}} = 8 \text{ V}$) $\text{КПД} = 8/58 = 14\%$. Потери в этом случае составляют 86% и уходят на нагрев трансформатора и симистора. К счастью, такое низкое напряжение нагрева применяется только для маленьких фитингов, с маленькой мощностью нагрева. Поэтому в абсолютном выражении потери составляют совсем немного Вт.

Энергопотери нагревают трансформатор и силовую плату, и лишнее тепло нужно отводить. Для охлаждения используют вынесение радиатора наружу корпуса аппарата или установку принудительной вентиляции. Оба способа примерно одинаково затратны и имеют свои недостатки: первый способ добавляет массы аппарату, а второй снижает его надежность. Поэтому оба способа имеют право на существование и являются индикатором приоритетов производителя. Производитель фитингов может варьировать требуемое сварочное напряжение, изменяя сопротивление спирали подбором ее материала и толщины. Выбрав $U_{\text{свар}} = 48 \text{ V}$, производитель обеспечивает максимальный КПД аппарата и минимальный риск его перегрева. Но тем самым увеличивает риск того, что при возможной просадке сети питания напряжение после трансформации окажется $U_{\text{втор}} < 48 \text{ V}$ и сделать из него 48 В уже будет невозможно. Выбор напряжения нагрева – компромиссное решение производителя фитингов.

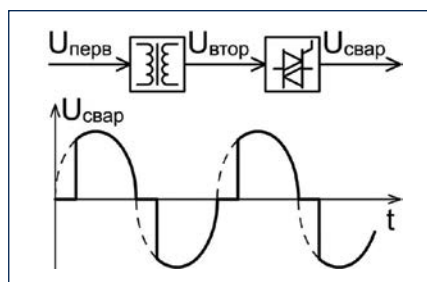


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя

3. ОБРАБОТКА ВОЗМУЩЕНИЙ

Согласно нормативам [7, 8], требуемое сварочное напряжение должно поддерживаться в течение сварочного процесса, независимо от любых возмущений – изменения напряжения питания, сопротивления фитинга, температуры воздуха или трансформатора и т.д. Оператор не может вручную отслеживать все возмущения и подстраивать симисторный регулятор.

Схема аппарата обязательно содержит обратную связь (ОС) по регулируемому параметру – сварочному напряжению (рис. 2). ОС заходит в автоматический регулятор (АР) и заставляет его корректировать работу симистора.

Нормативы [7, 8] не требуют, но рекомендуют, чтобы аппарат мог также измерить начальную температуру фитинга и трубы (на практике – воздуха) и скорректировать время и общую энергию нагрева. Сигнал датчика также заводится в АР (рис. 2).

При температурах от -10 до $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ влияние температурной коррекции на точность сварочного процесса, видимо, не является решающим. Только этим можно объяснить, почему нормативы [7, 8] коррекции жестко не требуют. А вот сварка при $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ (есть и такие аппараты) без коррекции времени и общей энергии нагрева вряд ли будет качественной.

4. ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЫ, КАЛИБРОВКА ДАТЧИКОВ

Современные регуляторы – цифровые, на основе микропроцессора, который позволяет реализовать оптимальный закон регулирования по отношению к любому возмущению, каким бы сложным ни был этот закон.

Кроме того, микропроцессорное управление легко обеспечивает логику (см. п. 9), только требуется измерение дополнительных параметров – частоты сети питания и тока в сварочной цепи (рис. 2). Знание силы тока в сварочной цепи позволяет процессору вычислять сопротивление фитинга, мощность нагрева, а также количество переданной фитингу энергии (тепла).

Сигнал любого датчика оцифровывается аналого-цифровым преобразователем (АЦП), а затем цифровой сигнал заводится в АР (рис. 2).

Оцифровка сигналов позволяет периодически калибровать датчики и тем самым обеспечивать точность измерений. Калибровка заключается в назначении соответствия между сигналом АЦП и интерпретацией процессора. Например, сигналу 00789 от АЦП датчика температуры вручную присваивается значение $+26 \text{ }^\circ\text{C}$. Для учета нелинейностей калибровка выполняется на разных уровнях параметра.

Первая калибровка выполняется производителем. Периодичность последующих калибровок определяется не столько элементной базой аппарата, сколько национальными нормативами страны производства или эксплуатации аппарата. Европейские и британские производители, например, рекомендуют выполнять калибровку раз в год. Это вполне согласуется с регламентом НАКС [13] по аттестации сварочного оборудования.

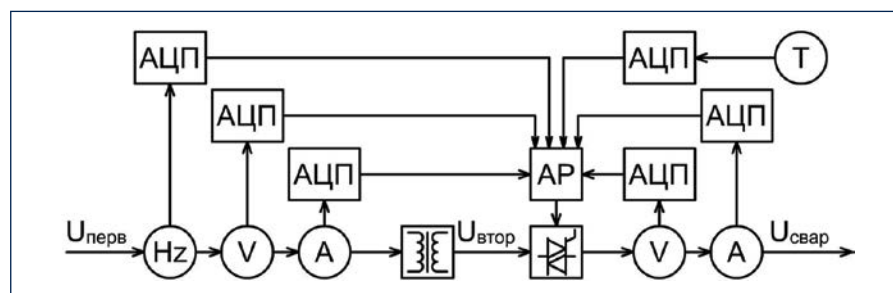


Рис. 2. Принципиальная схема аппарата

Честный производитель аппаратов, который заботится о качестве сварки больше, чем потекает лени владельца аппарата, зашивает периодичность калибровки в программу аппарата: как минимум – в виде напоминания о сроке калибровки или о ее просрочке; как максимум – в виде блокировки аппарата при просрочке. Для пользователя это некоторое неудобство, зато гарантия обеспечения режима сварки, предписанного производителем фитингов.

5. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПОРТЫ

Автоматическое управление предполагает ручной или автоматический ввод, отображение, хранение и передачу данных. Для ручного ввода используется клавиатура, в приличных аппаратах – влагозащищенная. Два основных варианта клавиатуры:

- буквенно-цифровая (как на телефоне), с той же логикой перебора символов;
- несколько функциональных клавиш, позволяющих перемещать курсор и последовательно перебирать весь алфавит и все 10 цифр.

Для автоматического ввода используется сканер штрихкода. Хотя функция считывания штрихкодов сварочных параметров [11, 12], отслеживания (traceability) [10] и карточки оператора [9] нормативами [7, 8] только рекомендуется, аппараты без сканера штрихкодов не пользуются спросом. Согласно нормативу [9], данные оператора могут кодироваться также на магнитной «таблетке», как для домофона. Автор не знает ни одного примера использования магнитной «таблетки» на аппаратах для сварки с закладными нагревателями.

Для отображения информации используется дисплей – ЖК (LCD) с подсветкой или светодиодный (LED). Для потребителя практической разницы нет. Дисплей, как правило, буквенно-цифровой – от 2 до 6 строк, в строке около 20 символов. Этого достаточно для отображения всей необходимой информации, количество строк и символов влияет только на удобство оператора. Изредка используется графический и даже цветной дисплей. Применительно к сварке с закладными нагревателями практического смысла в этом нет, только имидж производителя или расчет на потребителя-эстета.

Недостатком любого применяемого дисплея является сравнительно низкая морозостойкость, не ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если аппарат рассчитан на работу при более низкой температуре, под дисплей устанавливается подогреватель.

Память аппарата предназначена для хранения операционной системы, настроек, данных калибровки и сварочных протоколов. У потребителя есть доступ к настройкам и протоколам. Согласно нормативам [7, 8], память должна вмещать не менее 250 протоколов. На практике – до 2–3 тыс. сварочных протоколов.

Для передачи протоколов на компьютер или принтер нормативы [7, 8] допускают использование портов PCMCIA, RS232 или USB. Передача допускается как с использованием промежуточного устройства (памяти), так и без него (напрямую по кабелю). Сегодня все чаще используется только порт USB с промежуточным устройством (флешка).

Как правило, настройки аппарата позволяют выбрать между двумя формами экспорта протоколов:

- текстовый файл без защиты от правки, в формате WordPad, Microsoft Excel или пр. Распечатку протоколов из таких файлов вряд ли можно считать документом;
- файл базы данных. Как правило, защищен от правки и обрабатывается только специальным приложением (программой базы данных) производителя аппарата. Для различных опций используются беспроводные протоколы приема и передачи данных – Bluetooth, Wi-Fi, GPRS, GPS. Но это уже «игры разума» производителя.

6. МОЩНОСТЬ АППАРАТА

Мощность аппарата определяется характеристиками трансформатора и элементов силовой платы. Силовые элементы имеют ограничения по току, напряжению и температуре и, как правило, подбираются с запасом.

Существенные характеристики трансформатора следующие:

- номинальная мощность. Условная величина, определяемая как максимальная мощность питания первичной обмотки в нагруженном режиме, которая при длительной работе трансформатора (вне корпуса, при свободной конвекции воздуха) не приводит к его перегреву выше

допустимого предела. А если трансформатор в корпусе аппарата? А если бесконечно длительная работа не требуется?

- допустимый перегрев – максимально допустимая разница температур между работающим трансформатором и окружающим воздухом. Это также условная величина, зависит от класса термостойкости трансформатора, который, в свою очередь, зависит от свойств лака изоляции обмоток. Определяется как температура обмоток, которая за 20 лет непрерывного действия не приведет к деградации лака. А если 20 лет не требуются? А если режим работы повторно-кратковременный?

Для аппарата эти характеристики неинформативны.

Существуют несколько характеристик, формально описывающих аппарат:

- **цикл сварки t** – период времени, состоящий из периода нагрева t_1 и периода остывания t_2 [7, 8]. Условная и малоинформативная величина, но необходимая для формализации других характеристик. Для аппаратов с установленной выходной мощностью до 2 кВт включительно t условно принимается равным 10 мин, выше 2 кВт – 15 мин.;

- **рабочий режим t_d** – процентная доля периода нагрева t_1 в цикле сварки t [7, 8]. По умолчанию принимается 60%, и тогда другие характеристики аппарата (например, номинальная мощность) определяются с учетом такого соотношения времени нагрузки и релаксации аппарата.

Ненормативный подход – за основу берут мощность, которую необходимо обеспечить для сварки конкретного фитинга, а потом с расчетом на эту мощность определяется рабочий режим t_d конкретного аппарата, при соблюдении которого аппарат не перегреется. Например, для некоего большого фитинга может оказаться, что после 5 минут работы аппарат должен 10 минут остывать. Тогда говорят, что рабочий режим этого аппарата при такой нагрузке равен $t_d=33\%$;

- **выходная мощность** – формально определяется при 60%-ном рабочем режиме и при соблюдении цикла сварки t и обозначает мощность в сварочной цепи, которую аппарат способен обеспечить в течение часа работы в указанном режиме при температуре $23\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при

этом не перегреться выше своей критической температуры [7, 8]. Производитель обязан определять эту величину с 10%-ной перестраховкой (занижением) и указывать в маркировке аппарата. Во избежание разночтений в маркировке допускается указание только одного значения выходной мощности.

Формальное определение выходной мощности характеризует аппарат как электрический преобразователь и не имеет ничего общего с реальным сварочным процессом, не учитывает изменение мощности нагрева во времени или время нагрева реального фитинга;

• **выходной ток** – это понятие нормативами не определено. Производители определяют выходной ток как силу тока в сварочной цепи при максимальном сварочном напряжении (48 В) и формальной выходной мощности. Физический смысл этой величины в том, что при температуре воздуха в пределах 23 ± 2 °С и при 60%-ном режиме работы такой (или меньший) сварочный ток не может перегреть аппарат ни при каких обстоятельствах, каким бы ни было сварочное напряжение, сопротивление фитинга или сила ветра;

• **мощность питания** – это понятие нормативами не определено. Для расчета этого параметра производитель учитывает формальную выходную мощность аппарата, максимальное сварочное напряжение (48 В) и КПД аппарата с учетом потерь на шнуре питания. Например, если при выходной мощности 3120 Вт и сварочном напряжении 48 В КПД аппа-

рата (power factor) составляет 90%, то формальная мощность питания аппарата составит 3450 Вт;

• **ток питания** – опять же, понятие, не определенное нормативами. Производитель определяет его исходя из мощности питания и с расчетом на номинальное напряжение в сети питания. Например, при мощности питания 3450 Вт и с учетом европейского номинального напряжения 230 В формальный ток питания аппарата – 15 А.

У производителя порядок определения формальных характеристик обратный. Вначале проектируется аппарат с запасом по мощности (или по режиму работы t_d , как угодно). Потом определяется, к какой категории сети питания (согласно нормам СЕ) стоит этот аппарат отнести – до 15 А, до 16 А или до 32 А. И затем мощностные характеристики искусственно обрезаются для внесения в маркировку, чтобы формально рекомендовать аппарат на работу от той или иной сети и оснастить шнур питания соответствующей вилкой. Таким образом, реальный запас мощности оказывается не 10%-ным, как того требуют нормативы, а гораздо больше.

Максимальный диаметр свариваемого фитинга невозможно однозначно определить. Если сравнить муфту и заглушку, то мощность нагрева у них при прочих равных отличается вдвое. И потом, у разных производителей фитинги одного и того же типа и диаметра могут иметь разную площадь сварки, разную мощность и время нагрева. Чтобы дать

пользователю какое-то представление о возможностях аппарата, производитель определяет максимальный диаметр DN, который данный аппарат безусловно осилит, независимо от типа фитинга и от производителя, и указывает этот диаметр в спецификациях аппарата. Понятно, что такая характеристика не отражает всех возможностей аппарата. Пользователя интересует не абстрактное понятие мощности аппарата, а ответ на простой вопрос: «Этот аппарат сможет сварить мой фитинг?» Для большого фитинга ответ в лучшем случае будет таким: «Сможет, если...» Далее – перечисление минимально допустимого напряжения в сети, максимальной длины удлинителя, максимальной температуры воздуха, минимального времени отдыха аппарата перед сваркой следующего фитинга и пр.

7. УМЕНЬШЕНИЕ ПУСКОВОГО ТОКА

В начале сварочного процесса, пока холодная спираль имеет низкое сопротивление, подача номинального сварочного напряжения вызывает высокий ток в сварочной цепи и высокую мощность нагрева спирали (рис. 3), а соответственно, и высокую мощность питания. Спираль быстро нагревается и увеличивает сопротивление, сварочный ток и мощность нагрева снижаются. Для гарантии выживания сети питания в переходном режиме нормативы [7, 8] ограничивают допустимый сварочный ток в начале сварки до 100 А.

Для аппаратов с номинальным выходным током 60–65 А эта задача в лоб не

АППАРАТЫ ДЛЯ СВАРКИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДО- И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

- ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР ЕВРОПЕЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
- КОНСУЛЬТАЦИЯ ПО ВЫБОРУ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ
- ОТГРУЗКА СО СКЛАДА В МОСКВЕ, ДОСТАВКА В РЕГИОНЫ
- ШЕФ-МОНТАЖ, ПУСКОНАЛАДКА, ОБУЧЕНИЕ РАБОТЕ
- ГАРАНТИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
- СДАЧА ОБОРУДОВАНИЯ В АРЕНДУ

ADR-Технология
www.ADR-T.ru
(495) 925-6150

ADR
TECH

решается, пусковой сварочный ток на больших фитингах должен зашкаливать за 110–120 А. Для решения задачи «умные» сварочные аппараты используют кратковременный (2–3 с) нагрев спирали низким напряжением (в 2–3 раза ниже номинального сварочного напряжения фитинга), чтобы спираль успела нагреться. Тогда к моменту подачи номинального напряжения спираль будет иметь повышенное сопротивление и не пропустит огромный ток (рис. 3). Здесь существенное требование – заданное количество тепла должно быть передано фитингу в полном объеме.

8. АППАРАТ ИНВЕРТОРНОГО ТИПА

Опуская теорию, скажем, что чем выше частота переменного тока, тем меньше трансформатор, необходимый для преобразования напряжения при одной и той же мощности. На этом принципе основана идея инверторного аппарата (рис. 4):

- питающее напряжение с частотой 50 Гц выпрямляется диодным мостом и сглаживается до постоянного напряжения;
- затем генератор преобразует постоянное напряжение в переменное с частотой 40–60 КГц;
- высокочастотная «переменка» подается на компактный трансформатор.

Генератор «переменки» здесь простейший, принцип работы – периодическое переключение полярности (инверсия) постоянного напряжения. Такой генератор называется инвертором и дает напряжение в форме не синусоиды, а прямоугольных импульсов (меандра). Индуктивность первичной обмотки трансформатора «затягивает» взлеты и падения меандра и придает ему трапецевидную форму. На вторичной обмотке все равно имеем более-менее правильную синусоиду из-за магнитных характеристик сердечника.

После трансформатора – такая же регулировка напряжения в сторону уменьшения путем обрезания частей синусоиды симистором, как у обычного аппарата, только при большей частоте.

Достоинство инверторного аппарата – в меньшем весе и габаритах. Недостатков как минимум два:

- усложнение схемы, снижающее надежность;

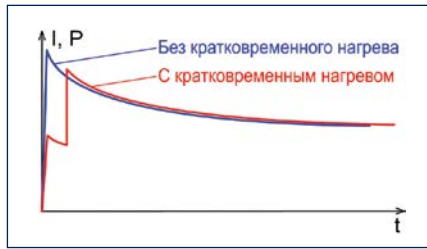


Рис. 3. Изменение тока и мощности при нагреве

• часть электроники (все, что до трансформатора) не имеет гальванической развязки с сетью питания. Производственные затраты у «инверторной» и «трансформаторной» схем близки. Дополнительная электроника и высокочастотный трансформатор с сердечником из ферромагнетика стоят денег. Но здоровенный кусок меди, да еще намотанный на неразъемный тороидальный сердечник – тоже удовольствие не дешевое.

9. ЛОГИКА ПРОГРАММЫ

Логика аппарата, определяемая нормативами [7, 8], нацелена на гарантию соблюдения сварочных параметров, зашитых в штрихкоде фитинга. Реализация логики опирается на постоянный мониторинг текущего напряжения и тока в сварочной цепи, а также косвенно измеряемых величин – сопротивления фитинга, переданной энергии и т.д. Логике проверки собственных узлов, которую каждый приличный аппарат осуществляет по алгоритму разработчика, здесь не рассматриваем.

Контроль сети питания:

Напряжение и частота сети должны измеряться постоянно, от момента включения до выключения аппарата. Если при включении аппарата напряжение и частота остаются в допустимых пределах, аппарат должен их явно отобразить.

Далее в любой момент, если напряжение или частота в течение 5 с находятся за допустимыми пределами, аппарат должен отобразить ошибку и отказаться начинать сварку или прервать текущий сварочный процесс, поскольку результат уже не будет качественным.

Допустимые пределы параметров сети определяет производитель аппарата и обязан указать в маркировке. Пределы изменения напряжения должны быть не менее ±15% от номинала.

Контроль сопротивления фитинга:

Перед началом сварки аппарат обязан измерить сопротивление фитинга и сравнить его с указанными в штрихкоде с учетом указанной там же допустимой погрешности. Для этого аппарат должен подать в сварочную цепь тестовый импульс с напряжением, которое не приведет к заметному нагреву спирали, в любом случае не более 24 В. Аппарат должен замерить полученную силу тока в сварочной сети и вычислить сопротивление фитинга.

Странно, но нормативы не запрещают выполнение сварки при несоответствии сопротивления. Видимо, логика в том, что аппарат обязан контролировать количество переданного тепла и продолжать нагрев, пока предписанное тепло не будет передано в полном объеме. Однако значение имеет не только количество тепла, но и скорость его передачи (т.е. мощность нагрева). А мощность при фиксированном напряжении напрямую зависит от сопротивления. В случае расхождения глубина прогрева фитинга и трубы будет неправильной. Поэтому при несоответствии сопротивления большинство аппаратов отказываются начинать сварку.

Контроль сварочного напряжения:

Если во время нагрева напряжение в сварочной цепи будет оставаться за

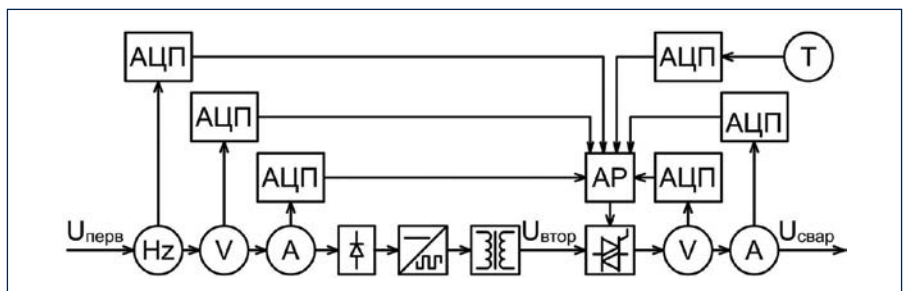


Рис. 4. Принципиальная схема инверторного аппарата

пределами $\pm 2\%$ от номинала в течение 3 с, сварочный процесс должен быть прерван с отображением ошибки.

Контроль сварочного тока:

Резкое увеличение сварочного тока должно интерпретироваться как короткое замыкание витков спирали нагревателя. Критичным считается увеличение тока более чем на 10% в течение 4 с. В этом случае сварочный процесс должен быть прерван с отображением ошибки.

10. ВЫВОДЫ

Технические особенности аппаратов для сварки с закладными нагревателями, не регламентированные нормативами, определяются как минимум тремя обстоятельствами:

- предпочтениями производителя в компромиссных вопросах (эти предпочтения во многом зависят от целевого национального рынка сбыта);
- правовой и технологической базой производителя;

- добросовестностью производителя. Первая задача потребителя – осознанно сформулировать собственные предпочтения с учетом особенностей своего рынка, технических (параметры сети питания) и юридических (действующие нормативы). Вторая задача – научиться распознавать возможный недобросовестный подход к проектированию и производству аппаратов, а для этого – понять физические процессы, имеющие место в узлах аппарата в течение всего сварочного цикла.

Литература:

1. ISO 8085-3:2001 Polyethylene fittings for use with polyethylene pipes for the supply of gaseous fuels. Metric series. Specifications. – Part 3: Electrofusion fittings.
2. ГОСТ Р 52779-2007 «Детали соединительные из полиэтилена для газопроводов. Общие технические условия».
3. ISO 11413:2008 Plastics pipes and fittings. Preparation of test piece assemblies between a polyethylene (PE) pipe and an electrofusion fitting.
4. DVS 2207-1 Heizelementstumpfschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen großer Wanddicke bzw. Durchmesser aus PE.
5. ISO/TS 10839:2000 Polyethylene pipes and fittings for the supply of gaseous fuels. Code of practice for design, handling and installation.
6. СТО Газпром 2-2.1-411-2010 «Проектирование, строительство и эксплуатация газопроводов давлением от 0,6 МПа до 1,2 МПа из полиэтиленовых труб».
7. ISO 12176-2:2008 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems. – Part 2: Electrofusion.
8. ГОСТ Р ИСО 12176-2-2011 «Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем». – Ч. 2: Сварка с закладными нагревателями.
9. ISO 12176-3:2011 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems. – Part 3: Operator's badge.
10. ISO 12176-4:2003 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems. – Part 4: Traceability coding.
11. 13950:2007 Plastics pipes and fittings. Automatic recognition systems for electrofusion joints.
12. ГОСТ Р ИСО 13950-2012 «Трубы и фитинги пластмассовые. Системы автоматического распознавания для выполнения соединений сваркой с закладными нагревателями».
13. РД 03-614-03 «Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов».

UDK 621.644.073

A.V. Zhukov, President of OOO «ADR-Technology», e-mail: az@adr-t.ru

Physical processes in the welding unit during electrofusion welding

Actions of the operator prescribed for performing electrofusion welding [4, 5] and even specifics of these actions for welding unusual fittings [6] are conceptually clear. However, in practice the bigger part of problems occur from negligent performance of these actions by the operator. Such negligent performance is resulted from imperfect understanding of the processes taking place in main power board and logics of the welding unit during the welding process.

Keywords: electrofusion welding, electrofusion fitting, electrofusion welding unit

References:

1. ISO 8085-3:2001 Polyethylene fittings for use with polyethylene pipes for the supply of gaseous fuels. Metric series. Specifications. – Part 3: Electrofusion fittings.
2. ГОСТ Р 52779-2007 «Детали соединительные из полиэтилена для газопроводов. Общие технические условия» («Polyethylene fittings for gas pipelines. General technical specifications»).
3. ISO 11413:2008 Plastics pipes and fittings. Preparation of test piece assemblies between a polyethylene (PE) pipe and an electrofusion fitting.
4. DVS 2207-1 Heizelementstumpfschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen großer Wanddicke bzw. Durchmesser aus PE.
5. ISO/TS 10839:2000 Polyethylene pipes and fittings for the supply of gaseous fuels. Code of practice for design, handling and installation.
6. СТО Газпром 2-2.1-411-2010 «Проектирование, строительство и эксплуатация газопроводов давлением от 0,6 МПа до 1,2 МПа из полиэтиленовых труб» («Design, construction and operation of gas pipelines with pressure from 0.6 MPa to 1.2 MPa made from polyethylene pipes»).
7. ISO 12176-2:2008 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems. – Part 2: Electrofusion.
8. ГОСТ Р ИСО 12176-2-2011 «Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем» («Plastic pipes and fittings. Equipment for polyethylene systems fusion jointing»). – P. 2: Сварка с закладными нагревателями (Electrofusion welding).
9. ISO 12176-3:2011 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems. – Part 3: Operator's badge.
10. ISO 12176-4:2003 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems. – Part 4: Traceability coding.
11. 13950:2007 Plastics pipes and fittings. Automatic recognition systems for electrofusion joints.
12. ГОСТ Р ИСО 13950-2012 «Трубы и фитинги пластмассовые. Системы автоматического распознавания для выполнения соединений сваркой с закладными нагревателями» («Plastic pipes and fittings. Automatic recognition systems for electrofusion joints»).
13. РД 03-614-03 «Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов» («Procedure for applying welding equipment during manufacture, installation, repair and reconstruction of technical devices for hazardous production facilities»).