

П.Ю.СЕРГЕЕВ, с.н.с, ХНУРЕ, Харьков

ПРОЕКТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

У роботі представлений проект джерела живлення зварювальної дуги з мікропроцесорним керуванням. Показано, що наявність мікропроцесора дозволяє здійснювати більш точне керування процесом зварювання і перехід між режимами роботи, розширює номенклатуру сервісних функцій, спрощує схемотехнічних реалізацію в силу того, що багато функцій здійснюються програмно. Представлений алгоритм роботи зварювального інвертора може надати додаткову допомогу в розробці та проектуванні зварювальних апаратів з високочастотним перетворенням електричної енергії.

В работе представлен проект источника питания сварочной дуги с микропроцессорным управлением. Показано, что наличие микропроцессора позволяет осуществлять более точное управление процессом сварки и переход между режимами работы, расширяет номенклатуру сервисных функций, упрощает схемотехническую реализацию в силу того, что многие функции осуществляются программно. Представленный алгоритм работы сварочного инвертора может оказать дополнительную помощь в разработке и проектировании сварочных аппаратов с высокочастотным преобразованием электрической энергии.

Введение. К современным источникам питания сварочной дуги предъявляются специфические технические требования, связанные с необходимостью обеспечения различных режимов работы на разных этапах сварки: поджог дуги, ее поддержание и разрыв. В настоящее время широкое распространение получили сварочные инверторы: источники питания сварочной дуги, в которых применяется высокочастотное преобразование электрической энергии [1]. Эти источники значительно отличаются от электрических аппаратов, применяемых для питания постоянным либо переменным током силовых и осветительных установок, и имеют следующие отличительные особенности [2]:

– сварочные аппараты должны быть оборудованы устройством для регулирования силы сварочного тока, максимальное значение которого ограничивается определенной величиной, определяющейся, главным образом, диаметром электрода и глубиной проникновения металла;

– ток кратковременного короткого замыкания, возникающий в момент касания электродом изделия и при переносе расплавленного

металла на изделие, должен быть определенной величины, безопасной для перегрева полупроводниковых приборов, входящих в состав аппарата и пережога обмоток, и достаточной для быстрого разогрева конца электрода, ионизации дугового пространства и возникновения дуги;

– напряжение холостого хода должно обеспечивать быстрое загорание дуги, но не создавать при этом опасности поражения сварщика электрическим током при соблюдении работающим правил безопасности;

– источник с высокочастотным преобразованием должен соответствовать требованиям электромагнитной совместимости, обозначенным в отечественных и международных стандартах.

В настоящее время лидеры по производству сварочного оборудования, такие, как Gysmi, Awelco, Telwin, постепенно переводят номенклатуру производимого оборудования на элементную базу с микропроцессорным управлением.

В статье представлен проект источника питания сварочной дуги с микропроцессорным управлением.

Структурная схема. Разрабатываемое устройство (рис.1) базируется на типовой структурной схеме источника питания сварочной дуги. В зависимости от условий эксплуатации и мощности устройства, источником электропитания для него (рис.1.1) может служить либо однофазная промышленная сеть 220В, 50Гц, либо трехфазная 380В, 50Гц. В состав устройства входят: [2] фильтр дифференциальных помех и синфазных помех, обеспечивающий электромагнитную совместимость разрабатываемого устройства с иными устройствами, включенными в используемую сеть; [3] однофазный, либо трехфазный выпрямитель сетевого напряжения; [4] схема плавного заряда конденсаторов низкочастотного фильтра; [5] низкочастотный фильтр; [6] инвертор, строящийся по одной из возможных схем (мостовая, полумостовая); [7] датчик тока; [8] высокочастотный силовой трансформатор; [9] высокочастотный сильноточный выпрямитель; [10] накопительный элемент; [11] свариваемая деталь; [12] схема обратной связи по напряжению; [13] сервисный источник питания; [14] система принудительного охлаждения полупроводниковых элементов; [15] датчики температуры; [16] драйвер управления силовыми ключами (при необходимости - с гальванической развязкой через трансформатор); [17] ШИМ - контроллер; [18] АЦП; [19] регулятор тока; [20] переключатели выбора режимов работы; [21] микропроцессор; [22] устройство статической индикации; [23] устройство цифровой индикации.

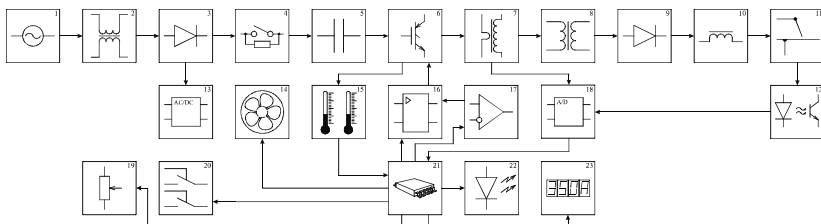


Рис. 1. Структурная схема источника питания.

Схема управления. Для комплексного управления узлами источника питания необходимо сформировать замкнутый цикл работы обратных связей, главным образом с целью обеспечения требуемых значений выходного напряжения и тока, обеспечения защитных и сервисных функций. Для различных величин диаметра электрода ВАХ сварочных дуг приведены на рис. 2.

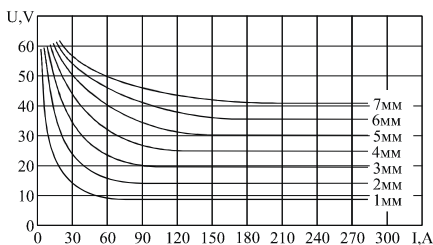


Рис. 2.

Обратная связь по току осуществляется посредством датчика тока, включенного либо в цепь первичной обмотки силового трансформатора, либо в цепь вторичной обмотки, обратная связь по напряжению – через оптопару с нормированным коэффициентом передачи. Таким образом,

анализируя величины тока и напряжения, и ставя их в соответствие с требуемыми величинами на разных этапах процесса электросварки, можно составить такое программное обеспечение, которое будет формировать оптимальную форму нагрузочной характеристики источника питания.

Программное обеспечение. Вольтамперную характеристику сварочной дуги можно разделить на три участка, которые соответствуют трем режимам работы: поджог дуги, поддержание дуги, и ее разрыв. При этом процессы поджога дуги и ее разрыва идентичны, а по времени изменения напряжения и тока с точностью до наоборот. Таким образом, необходимо при поджоге дуги экспоненциально понижать выходное напряжение до определенной величины (эта величина индивидуальна для электродов различного диаметра и положения свариваемого шва), чтоб при этом величина тока изменялась линейно.

Поддержание дуги осуществляется в режиме стабилизации напряжения. Его величина должна оставаться постоянной при незначительных изменениях длины сварочной дуги, возникающих при перемещении электрода (за исключением сервисной функции Arc Force).

Разрыв дуги сопровождается резким уменьшением сварочного тока в силу того, что при отрыве электрода резко увеличивается длина дуги. При понижении тока до определенной величины можно стимулировать разрыв, дополнительно понизив напряжение.

Следует специально отметить, что в последнее время все большую популярность из способов управления силовым оборудованием приобретает управление с применением нечеткой логики [3]. Используя данный метод, можно отказаться от применения ШИМ, и осуществлять управление непосредственно от фазы-контроллера, оснатив его заранее заложённой программой, которая, посредством управления силовыми ключами, будет формировать значения выходного тока и напряжения.

Сервисные функции. Наличие сервисных функций заметно упрощает процесс выполнения сварки, позволяет обезопасить сварочные работы, упрощает контроль и регулировку режимов работы устройства.

Функция Arc Force – реализует кратковременное увеличение сварочного тока при уменьшении дугового промежутка до минимума, что позволяет мгновенно расплавить металл электрода и изделия, увеличив дуговой промежуток, не допустить залипания электрода, и, соответственно, стабилизировать процесс сварки. При помощи соответствующего регулятора можно менять динамику дуги от "мягкой дуги", обеспечивающей малое разбрызгивание при мелкокапельном переносе, до "жесткой дуги" обеспечивающей глубокое проплавление при сварке [4].

Функция Hot Start – реализует кратковременное повышение сварочного тока над установленным значением, в момент зажигания дуги. При помощи соответствующего регулятора можно задать величину тока импульса от номинального значения, до некоторого более высокого (как правило, его величина составляет 1,3).

Функция Anti Stick – реализует долговременное уменьшения тока короткого замыкания при прилипании электрода к свариваемому изделию. Падение тока наступает через 2 секунды после прилипания. Это позволяет легко оторвать электрод от свариваемого изделия и избежать таким образом теплового пробоя силовых ключей, диодного моста, перегрева электрода, сварочных кабелей.

Функция защиты от перегрузки по току – реализует отключение драйвера управления силовыми ключами в случае, если мгновенное,

либо усредненное за определенный промежуток времени значение тока первичной обмотки.

Функция регулировки интенсивности охлаждения – реализует регулировку скорости вращения устройств принудительной вентиляции для поддержания температуры силовых полупроводниковых приборов, а также сердечника силового трансформатора в пределах, указанных в документации. Система определения температуры предполагает наличие дополнительного датчика температуры, расположенного в пределах корпуса, но минуемого потоком воздуха, создаваемым искусственно. Его наличие позволяет контролировать температуру окружающей среды, тем самым осуществлять более точную регулировку. Данная функция предполагает возможность кратковременного отключения драйвера управления силовыми ключами в случае, если максимальная скорость вращения устройства принудительного охлаждения не обеспечивает требуемую температуру охлаждаемых устройств.

Функция защиты от повышенного или повышенного напряжения электрической сети – реализует отключение схемы управления, если величина сетевого напряжения выходит за пределы, установленные международными и отечественными стандартными. Может быть реализована посредством перехода сервисного источника питания в режим ожидания.

Функция Stand By – реализует ручное отключение драйвера управления силовыми ключами, но не обесточивает устройство целиком. Предполагает наличие недлительного промежутка времени, в течение которого будет продолжать работать устройство принудительного охлаждения.

Функция индикации – реализует световую статическую либо цифровую индикацию режимов работы источника питания, величин выходного тока и напряжения, температуры, фиксируемой датчиками тока, а также оповещение в случае аварийной ситуации.

Принцип работы. Алгоритм работы источника питания представлен на рис. 3.

После включения источника питания выполняется детектирование величины сетевого напряжения. Если она выходит за пределы установленных границ, источник сервисного питания вводится в режим Stand By и не выполняет включение схемы управления до тех пор, пока сетевое напряжение не вернется в указанный интервал значений. Если сетевое напряжение допустимое, включается сервисный источник питания, который включает микропроцессор.

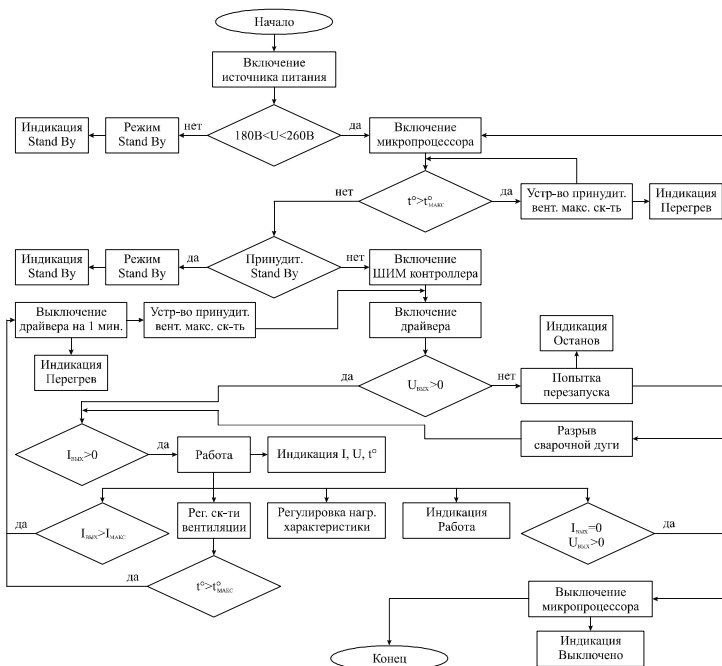


Рис. 3.

Микропроцессор выполняет проверку температуры на датчиках, с целью определения температуры силовых полупроводниковых элементов и силового трансформатора. При выявлении их перегрева включается устройство для принудительного охлаждения на максимальную скорость, пока температура не достигнет необходимой величины.

После этого микропроцессор включает ШИМ – контроллер и драйвер (они могут выключаться принудительно функцией Stand By).

После включения ШИМ – контроллера и драйвера производится запуск силового каскада, и выполняется детектирование выходного напряжения с целью определения работоспособности силового каскада, импульсного трансформатора, элементов выходной цепи. Если напряжение отсутствует, источник питания перезапускается.

После удачного запуска микропроцессор ожидает изменения величины выходного тока, которое определяется датчиком тока, с целью формирования требуемой нагрузочной характеристики. При детектировании

тока и напряжения на выходе источника питания выполняется расчет режима работы источника питания и соответствующего режима сварки.

Источник питания сварочной дуги может содержать в себе систему цифровой индикации: величины сварочного тока и напряжения, величину входного напряжения, температуру элементов силового каскада.

При превышении током некоторого значения, либо при перегреве одного или нескольких элементов схемы, предусмотрена защита от перегрузки: при этом выполняется выключение драйвера управления силовыми ключами, и на недлительное время включается устройство принудительного охлаждения на максимальную скорость.

Разрыв дуги определяется путем снижения сварочного тока, величина которого также детектируется датчиком тока.

Заключение. Проблемы управления силовым оборудованием, и, в частности, источниками питания больших мощностей связаны с необходимостью верификации режимов работы, как отдельных узлов, так и устройства в целом. Большое количество факторов управления требуют оценки точности алгоритмов в совокупности с параметрами устройства, такими, как мощности, динамическим параметрам, устойчивости к перегрузкам, и проч. Таким образом, для каждой конкретной схемотехники устройств, требуется индивидуальная схема управления с индивидуальным алгоритмом, учитывающим особенности этого устройства. Расчетные погрешности и неточности в проектировании алгоритма управления могут привести как к малозаметному ухудшению качества работы устройства (в ряде случаев оно может быть скорректировано схемотехнически), так и к грубому нарушению работы, что может повлечь за собой выход из строя проектируемого источника питания.

Как правило, при разработке алгоритма проектировщик имеет в своем распоряжении информацию об особенностях работы устройства при различных режимах, но отладка алгоритма осуществляется экспериментально.

Список литературы: 1. *Володин В.Я.* Современные сварочные аппараты своими руками. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 304с. 2. *Сергеев Б.С.* Схемотехника функциональных узлов источников вторичного электропитания. – М.: Радио и связь, 1992. – 114 с. 3. *Батыршин И.З., Недосекин А.А., Стецко А.А. и др.* Теория и практика нечетких гибридных систем / Под ред. Н.Г. Ярушкиной. – М.: Физматлит, 2006. 4. *Фоминых В.П., Яковлев А.П.* Электросварка // Изд. 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Высшая школа, 1976. – 288 с.

Поступила в редколлегию 29.03.2010