

## СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ

Бережная Е. В., Чепель Ю. А., Кассов В. Д.

Усовершенствовано устройство сжатия сварочных роликов для электроконтактной наплавки проволокой двумя роликовыми электродами. Контроль усилия на электродах машины электроконтактной наплавки осуществляется микропроцессорной системой управления. Измерение усилия сжатия электродов производится тензометрическим методом на основе использования полупроводниковых тензорезисторов. Полученные данные изменения сигнала усилия на ролик-электроде позволяют скорректировать энергосиловые параметры процесса непосредственно в течение протекания импульса сварочного тока и внедрить в реальный производственный процесс полученные теоретические зависимости и рекомендуемые режимы наплавки.

Удосконалено пристрій стискування зварювальних роликів для електроконтактного наплавлення дротом двома роликівими електродами. Контроль зусилля на електродах машини електроконтактного наплавлення здійснюється мікропроцесорною системою керування. Вимірювання зусилля стиснення електродів проводиться тензометричним методом на основі використання напівпровідникових тензорезисторів. Отримані дані зміни сигналу зусилля на ролику-електроді дозволяють скорегувати енергосилові параметри процесу безпосередньо протягом протікання імпульсу зварювального струму і впровадити в реальний виробничий процес отримані теоретичні залежності та рекомендовані режими наплавлення.

It was improved the compression device of the welding rollers for electric-welding wire by two roller electrodes. The control of effort on the electrodes of electric-welding machine is carried out by the microprocessor control system. Compressive force of the electrodes is measured by using of the semiconductor strain gauges. The received data of change of the effort signal on the roller electrodes allows to adjust the power parameters of the process directly within the welding current pulse flowing and allows to implement into the real production process the theoretical dependence and the recommended modes of surfacing.

Бережная Е. В.

Чепель Ю. А.

Кассов В. Д.

канд. техн. наук, ст. преп. ДГМА

ассистент ДГМА

д-р техн. наук, проф. ДГМА,

[ptm@dgma.donetsk.ua](mailto:ptm@dgma.donetsk.ua)

УДК 621.791.75.042

Бережная Е. В., Чепель Ю. А., Кассов В. Д.

## СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ

Электроконтактная наплавка представляет собой сложный электротермический процесс со взаимосвязью между параметрами, характер изменения которых в реальных условиях зависит от целого ряда факторов, которые в течение импульса сварочного тока изменяются в широких пределах. При электроконтактной наплавке порошковой лентой изменение физических свойств материалов в зоне наплавки будет особенно значительно, так как в процессе нагрева происходит уплотнение, спекание, расплавление шихтовых ингредиентов сердечника. Построение глобальной системы управления на основе математических моделей, полученных путем теоретического анализа характера формирования наплавленного слоя, затруднительно. При высоких скоростях нагрева происходит практически мгновенный локальный разогрев контактных участков частиц. Ввиду кратковременности действия тепловых источников частица не успевает прогреваться полностью, к тому же при силовом активировании, технологически выполняемом посредством прокатываемого роликового электрода, приложение активирующего давления также носит кратковременный характер, причем факторы силового и температурного активирования действуют не синхронно: к моменту, когда тепло от контактных участков распространяется по всему объему частицы, факторы силового активирования минуют свой пик. Поэтому при подобной схеме действия и взаимосвязи факторов температурного и силового активирования исключительно важным представляется автоматическое регулирование указанных параметров процесса. Поэтому целесообразно построение быстродействующей системы измерения, регистрации и управления параметрами процесса электроконтактной наплавки, позволяющей выполнять  $10^3 - 10^5$  измерений параметров процесса в течение одного импульса сварочного тока (до 100 измерений за время одного полупериода переменного сварочного тока) и управлять величиной сварочного тока и усилия на ролике-электроде в масштабе реального времени. Тогда задавая различные алгоритмы управления параметрами импульсов сварочного тока и усилия приложенного к ролику-электроду и анализируя полученные геометрические параметры и механические свойства наплавленного слоя можно определить оптимальный алгоритм управления [1].

В работе [2] было разработано устройство сжатия сварочных роликов при электроконтактной наплавке двумя роликовыми электродами, изображенное на рис. 1.

Цель работы – усовершенствовать устройство сжатия сварочных роликов для электроконтактной наплавки проволокой двумя роликовыми электродами.

Обрабатываемая деталь 10 устанавливается в патроне и приводится во вращение от специального привода (не показано). Включают электродвигатель 9, вращающий шестерню 8, которая передает вращение промежуточному блоку шестерен 7, который передает вращение шестерне 5, подпружиненной пружиной 11. В шестерне 5 закреплена гайка 4, которая, вращаясь, перемещает винтовой стержень 2 вверх или вниз в зависимости от направления вращения электродвигателя. При перемещении винтового стержня 2 он соприкасается с обрабатываемой деталью 10 и дальнейшее его перемещение вызывает сжатие пружины 11, которая обеспечивает необходимое прижатие электродов к обрабатываемой детали 10.

Для предотвращения проворачивания винтового стержня 2 во время вращения гайки 4 на нем по всей длине резьбы предусмотрен паз 12, в который входит шлиц 13 корпуса 1. Усилие сжатия электродов регулируется конечным выключателем 6.

Для регулирования силы сварочного тока и усилия на ролике-электроде была разработана система управления на базе микроконтроллера LPC2148. Данный микроконтроллер оснащен встроенным АЦП, ЦАП, широтно-импульсным модулятором и функционирует под управлением операционной системы реального времени RTOS.

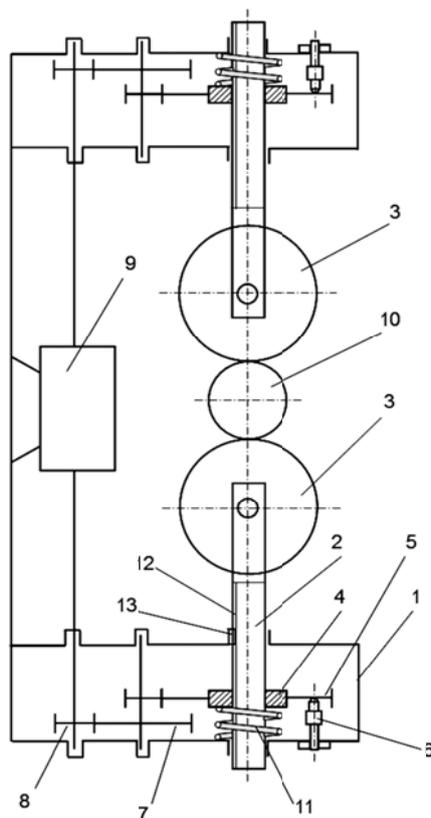


Рис. 1. Схема привода сжатия роликовых электродов

Структурная схема микроконтроллера LPC2148 представлена на рис. 2. Основные составляющие архитектуры его – это 16 битный ARM7TDMI-S микропроцессор, встроенное 32 кБ статическое ОЗУ, встроенная 128 кБ программная Flash память. 128 битный интерфейс/акселератор, способные работать в высокоскоростном режиме с тактовой частотой 60 МГц.

Последовательные интерфейсы микроконтроллера LPC2148:

- два UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, последовательный асинхронный приемо-передатчик);
- высокоскоростной I<sup>2</sup>C (Inter Integrateв Circuits)(400 кбит/с);
- SPI (serial peripheral interface, последовательный синхронный интерфейс);
- восемь портов ввода/вывода общего назначения (General Purpose Input Output – GPIO), предназначенных для обмена данными либо для управления внешними устройствами;
- два 32-разрядных таймера (7 каналов захвата/сравнения);
- модуль ШИМ (6 выходов, широтно-импульсный модулятор);
- часы реального времени и сторожевой таймер.

Для сопряжения силовой части сварочной установки и микроконтроллера использованы три аналоговых и один цифровой каналы управления. С трансформаторов тока и напряжения, включенных на выходе сварочного трансформатора снимаются синусоидальные напряжения  $U_I$  и  $U_U$ . После выпрямления и фильтрации постоянные напряжения  $U_{Iизм}$ ,  $U_{Uизм}$  поступают на вход встроенного в микроконтроллер АЦП, где преобразуются в соответствующие 10-разрядные коды  $K_{Iизм}$  и  $K_{Uизм}$  (рис. 3).

При помощи датчика линейных перемещений, закрепленного на приводе одного из сварочных роликов сначала определяется диаметр применяемой сварочной проволоки, далее вычисляется шаг наплавки и, соответственно, смещение нижнего ролика относительно верхнего. Кроме того датчик линейных перемещений определяет величину деформации проволоки непосредственно во время наплавки. При этом напряжение  $U_p$ , пропорциональное положению ролика поступает на вход АЦП, где преобразуется в 10-разрядный код  $K_{Up}$ .

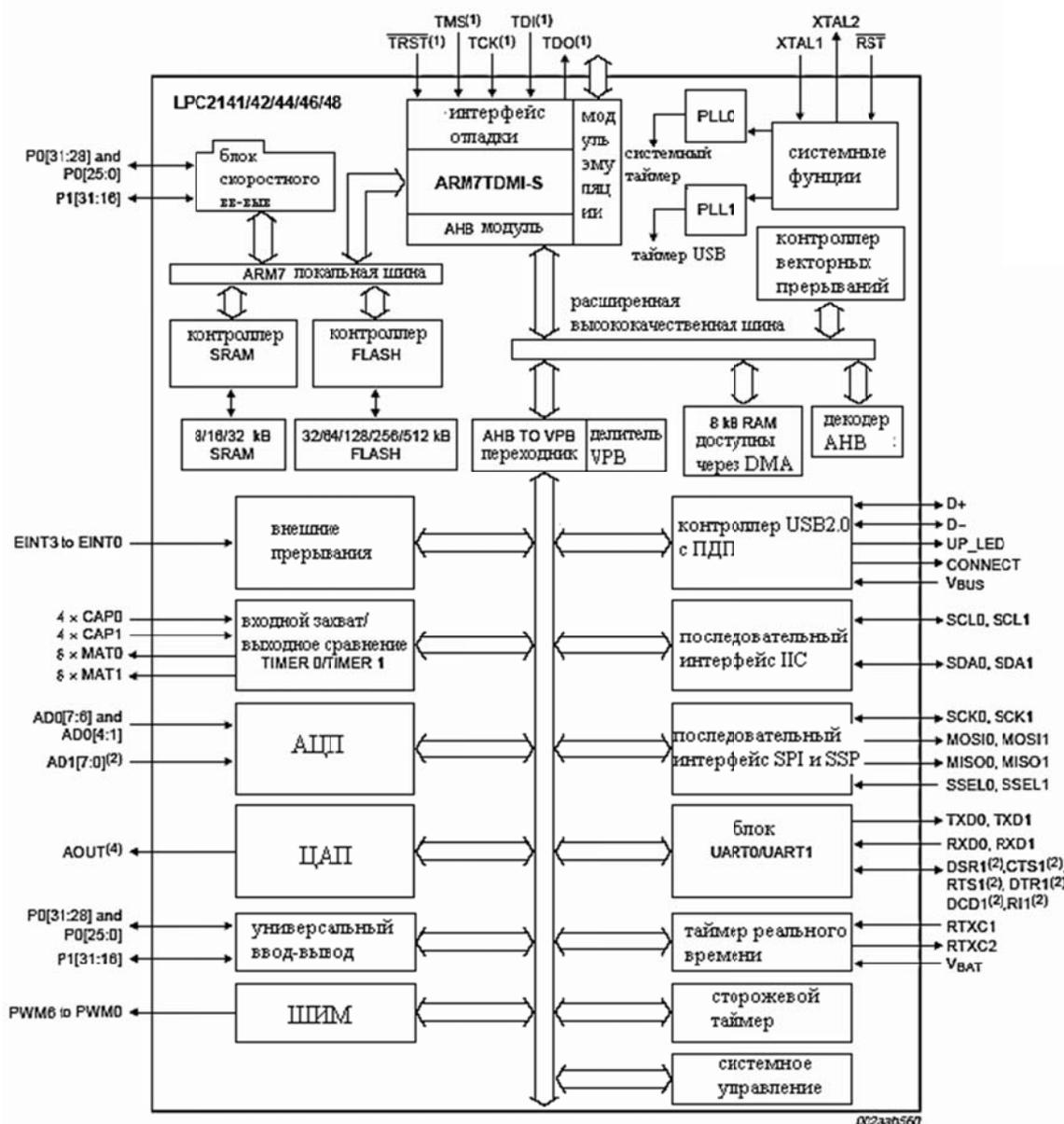


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллера LPC2148

Регулирование выходного напряжения сварочного трансформатора в пределах 50–100 % осуществляется сигналом с выхода широтно-импульсного модулятора (ШИМ), который через гальваническую развязку подается на вход системы регулирования силовой части. Сброс импульса электроконтактной наплавки выполняет цифровой канал управления через дискретный порт ввода-вывода GPIO и развязывающий усилитель. Индикацию режимов выполняет жидкокристаллический ИНДИКАТОР, подключенный к микроконтроллеру через GPIO.

Ядро операционной системы, размещенное в памяти микроконтроллера LPC2148, обеспечивает создание и периодический запуск задач управления процессом электроконтактной наплавки. Эти задачи представляют собой процедуры, написанные на языке C и выполняют следующие функции:

– задача измерения толщины порошковой проволоки. Обеспечивает получение начального значения перемещения ролика-электрода в момент возникновения сварочного тока и измерение его последующего перемещения с формированием данных для задачи регистрации и таблицы уставок напряжения и тока.

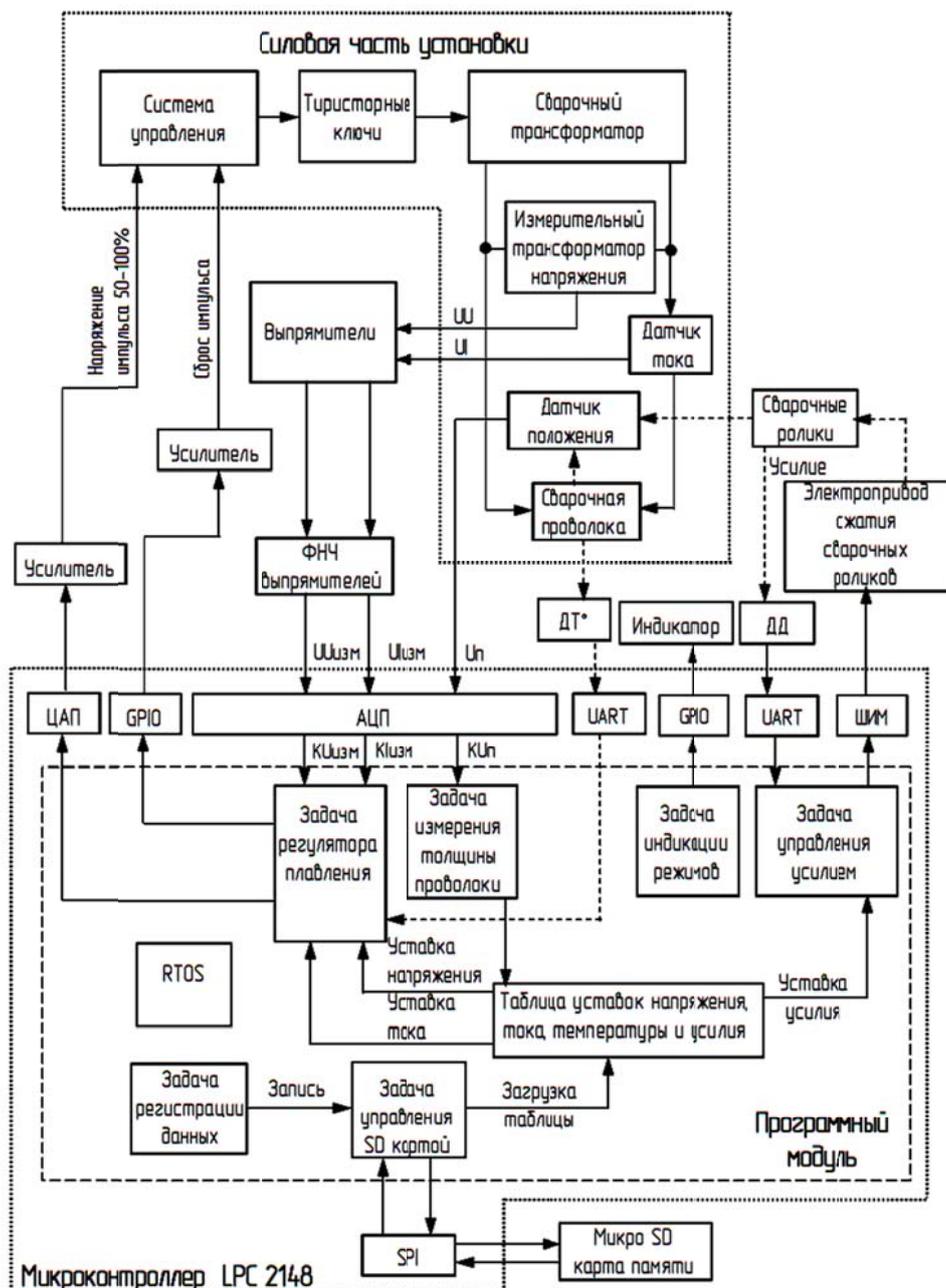


Рис. 3. Структура системы управления контроллером электроконтактной наплавки

– задача регулятора процесса наплавки. На основании таблицы уставок напряжения и тока по измеренным значениям  $K_{изм}$ ,  $K_{Uизм}$  и  $K_{уп}$  определяется требуемое напряжение импульса, а также момент его прекращения.

– задача управления усилием на ролике-электроде. На основании таблицы уставок усилий определяется требуемое значение момента электродвигателя. Значение момента формируется при помощи встроенного ШИМ микроконтроллера. Благодаря линейной зависимости момента от задания с микроконтроллера обеспечивается заданное давление ролика-электрода в статическом режиме. Для коррекции динамической ошибки по давлению в переходных режимах электродвигателя используется сигнал с датчика давления ДД.

– задача регистрации данных. Открывает на внешнем носителе (SD или MMC карте объемом 1 Гб) файл двоичных данных, в котором регистрируются значения текущего времени (с точностью до микросекунд),  $K_{изм}$ ,  $K_{Uизм}$  и  $K_{уп}$ , а так же состояние выходов ЦАП и сброса импульса.

– задача управления SD картой выполняет обращение к стандартной библиотеке RTOS по управлению SD или MMC Flash накопителями под дисковой файловой системой FAT32. В ее функцию входит так же загрузка таблицы уставок напряжения и тока.

– задача индикации режимов позволяет выводить основные параметры процесса электроконтактной наплавки на жидкокристаллический индикатор, подключенный к микроконтроллеру.

Сигнал управления током электроконтактной наплавки формирует встроенный ШИМ микроконтроллера, широтно-модулированный сигнал с его выхода гальванически развязывается через транзисторную оптопару и преобразуется в пропорциональное скажности сигнала напряжение во входных цепях системы управления сварочным трансформатором. Сигнал отключения импульса электроконтактной наплавки подается через аналогичное развязывающее устройство. Для подключения MMC или SD FLASH карты используется встроенный микроконтроллер SPI интерфейс, реализующий последовательную приемопередачу между FLASH картой и микроконтроллером. Контроль давления на ролике-электроде осуществляется при помощи тензометрического измерительного преобразователя ДД с номинальным усилием 2 кН и разрешающей способностью 0,5 Н. Полная приведенная погрешность преобразователя не превышает 0,5 %.

Для связи с измерительным преобразователем используется цифровой интерфейс RS485, с опторазвязкой, подключаемый к модулю. Интерфейс позволяет получать нормированный цифровой код с тензометрического измерительного преобразователя на дистанциях до 500 м. Напряжение питания преобразователя тензометрического измерительного составляет от 9 до 12 В и осуществляется от аккумуляторной батареи (12 В, 7 А·ч), что позволяет снизить помехи при измерении и избавиться от наводок сварочных токов. Использование тензометрического измерительного преобразователя позволяет повысить быстродействие системы управления давлением на ролике-электроде, и, как следствие, значительно увеличить точность задания давления в импульсном режиме работы. Создание давления на роликах-электродах осуществляется при помощи электродвигателя 9 (рис.1).

## ВЫВОДЫ

Благодаря использованию контроллера электроконтактной наплавки системой автоматического управления охватываются основные параметры процесса, что позволяет внедрить в реальный производственный процесс полученные теоретические зависимости и рекомендуемые режимы наплавки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чигарев, В. В. Автоматизированная система управления качеством процесса электроконтактной наплавки / В. В. Чигарев, Е. В. Бережная – Сварочное производство в машиностроении: перспективы развития: I международ. науч.-техн. конф.. – Краматорск : ДДМА, 2009. – С. 74–75.
2. Бережная Е. В. Устройство сжатия сварочных роликов при электроконтактной наплавке проволокой двумя роликовыми электродами / Ю. А. Чепель, Е. В. Бережная, В. Д. Кассов – Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 1 (30). – С. 42–45.
3. Чепель Ю. А. Микропроцессорная система управления электроконтактной наплавкой двумя роликовыми электродами. / Ю. А. Чепель, Е. В. Бережная, В. Д. Кассов – Проблемы машиностроения, 2013, Т.16, № 5. – С. 143–148.
4. Зезюля В. В. Разработка технологии восстановления циклически нагруженных валов многослойной электроконтактной наваркой проволокой / В. В. Зезюля – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – М. – 2009.
5. Бульчев В. В. Особенности пластической деформации при получении покрытий электроконтактной приваркой / В. В. Бульчев, Р. А. Латыпов – Международный научный журнал. 2010. – № 5. – С. 78–85.