

УДК 004.42,537.5,621.3

**АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ
СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ И СЕРВИСНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

**И.С. РУСЕЦКИЙ, Д.Г. РУГОЛЬ, канд. техн. наук, доц. О.Н. ПЕТРОВИЧ
(Полоцкий государственный университет)**

Рассмотрен алгоритм управления автоматизированной работой источниками питания электронно-лучевого оборудования с использованием промышленного микроконтроллера. Описаны режимы работы, позволяющие в полном объеме обеспечить основные технологические операции. Представлена UML-диаграмма взаимосвязей элементов управления и регулирования. Алгоритм может быть использован как основа для создания программы управления электронно-лучевым энергокомплексом на базе пушки с плазменным источником электронов.

Введение. Одним из направлений применения электронно-лучевых технологий является процесс обработки металла путем воздействия на него электронным лучом с высокой плотностью энергии, достаточной для расплава, сварки, упрочнения и других технологических операций. Для этого используются электронно-лучевые пушки, способные получать электронные пучки достаточно малого диаметра и высокой энергии. Данные технологии позволяют производить прецизионные операции как по степени термического воздействия, так и по геометрии сварочного шва. Характерной особенностью электронно-лучевой сварки является возможность получения сварочного шва кинжальной формы, т.е. глубина проварки в несколько раз больше ширины. Для осуществления высокоточного и стабильного воздействия электронного луча на материал используют электрические схемы, которые стабилизируют работу электронно-лучевой пушки.

Программное управление электронно-лучевым оборудованием требует применения промышленных ЭВМ с широкими логическими и вычислительными возможностями, так как электронно-лучевое управление представляет собой многофакторный процесс, характеризующийся большим числом взаимосвязанных параметров. Электронно-лучевое управление включает в себя ряд подсистем, в целом образующих весьма сложный технический комплекс, включаемый в единую систему управления [1]. Такой системой управления может быть программируемый промышленный контроллер, который будет управлять всеми технологическими процессами в соответствии с заданными в него инструкциями.

Предложен алгоритм работы автоматизированной системы управления источниками питания электронно-лучевой пушки с плазменным эмиттером на базе промышленного микроконтроллера.

Постановка задачи. Задача автоматизированной системы управления сводится к наблюдению, контролю, регулировке и управлению основными параметрами работы электронно-лучевой пушки с плазменным эмиттером (ток пучка и разряда, ускоряющее напряжение, напряжение разряда и напряжение фокусирующей линзы). Система должна иметь возможность работы в ручном, автоматическом и полуавтоматическом режиме.

Для оптимизации процесса управления ЭЛУ предлагается использовать тактильную панель, которая позволит существенно расширить функции оперативного наблюдения и управления режимом работы электронно-лучевой пушки.

Описание функциональных возможностей алгоритма. Разработанная система состоит из программных блоков позволяющие реализовать следующие режимы работы всех источников питания:

- ручной;
- автоматический;
- полуавтоматический.

Ручной режим предполагает независимое управление и работу каждого источника питания, минуя микроконтроллер. Он необходим при пуско-наладочных работах, при выявлении неисправностей, при выполнении работ, предусматривающих нерегламентированные режимы воздействия (отсутствует автоматическое аварийное отключение), кроме этого, данный режим позволяет производить технологические операции, не требующие тонкой настройки электронного пучка в связи с тем, что при этом отсутствует стабилизация всех параметров пучка.

Автоматический режим предполагает взаимосвязанную работу источника питания фокусирующей линзы (ИПФЛ), источника питания разряда (ИПР), высоковольтного источника питания (ВИП) по заранее выбранным параметрам, которые хранятся в базе данных. После запуска происходит пошаговое

включение всех источников питания в определенной последовательности с контролем необходимых величин на каждом этапе. При удачном завершении пуска осуществляется переход в рабочий режим со стабилизацией выбранных параметров ИПР или ВИП. Стабилизация работы ИПФЛ микроконтроллером не предусматривается, так как она осуществляется источником питания самой линзы. По истечении заданного времени происходит отключение всех блоков. Кроме того, предусмотрена возможность плавного уменьшения напряжения в ИПР (вывод кратера), которое позволяет избежать появления дефектов на сварочном шве [3, 4]. Помимо этого, во время работы постоянно проводится мониторинг основных величин на предмет их выхода за рамки критических значений. При выявлении такой ситуации производится аварийное отключение всех источников питания с выдачей соответствующего сообщения на панели управления.

Полуавтоматический режим предусматривает управление всеми источниками питания в их взаимосвязи и по отдельности с тактильной панели. При совместной работе функциональные возможности ограничены включением, отключением и отображением значений измеряемых величин. При раздельном управлении осуществляется выбор необходимого источника питания с возможностью расширенного контроля и управления его работы.

Этот режим предназначен для отработки параметров воздействия электронного пучка на обрабатываемую деталь, не предусмотренных ранее.

Алгоритм работы системы управления представлен на UML-диаграмме активности (рис. 1).

Схема состоит из следующих самостоятельных элементов:

- A1. Программный блок для управления ИПФЛ;
- A2. Программный блок для управления ИПР;
- A3. Программный блок для управления ВИП;
- A4. Программный блок хранения значений параметров работы.

На начальном этапе алгоритм предлагает выбрать режим работы – автоматический или полуавтоматический. Рассмотрим работу блоков более подробно.

Программный блок управления для ИПФЛ (A1).

После включения устройства предлагается выбрать режим работы. При ручном управлении регулировка напряжения производится с помощью переменного резистора. Автоматизированное управление предполагает автоматический (CPU) и полуавтоматический (П/А) режимы работы. При этом управление ИПФЛ осуществляется через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) микроконтроллера. При автоматическом режиме величина напряжения выбирается из параметров сварки базы данных и изменяется в соответствии с заданными в ней значениями. При полуавтоматическом режиме управление осуществляется оператором через тактильную панель. Величина напряжения подаваемого на линзу через элемент обратной связи (ОС) и аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) отображается на тактильной панели постоянно.

Программный блок управления для ИПР (A2) имеет три режима работы. При ручном управлении регулировка напряжения, подаваемого на источник питания разряда, осуществляется резистором без использования микроконтроллера.

Полуавтоматический режим позволяет включать/отключать источник питания разрядом, производить регулировку напряжения, контролировать выходные напряжение и ток разряда. Он предусматривает три режима работы: без стабилизации, режим стабилизации тока разряда, режим стабилизации тока пучка.

В первом режиме имеется возможность регулировки напряжения разряда через ЦАП с использованием тактильной панели. При этом ведется контроль и индикация всех необходимых параметров. Выход их за пределы установленных значений приведет к аварийной ситуации, при которой произойдет отключение источников питания с отображением соответствующего сообщения.

Режим стабилизации тока разряда осуществляется через элемент ОС, который формирует напряжение рассогласования заданного и реального токов и подает его на вход АЦП микроконтроллера путем изменения выходного напряжения разряда. Переход в этот режим возможен по предустановленной вручную величине и по рабочему (текущему) току.

Режим стабилизации тока пучка осуществляется изменением напряжения разряда [2]. Это связано с особенностью работы плазменного источника электронов. Кроме того, предусмотрен оперативный выход из режима стабилизации без прерывания работы с текущими значениями параметров. При необходимости можно сохранять значения тока и напряжения в базе данных.

В автоматическом режиме работы оператором производится выбор значения тока разряда из базы данных и включение. Затем микроконтроллер осуществляет включение ИПР, увеличивает напряжение разряда. После зажигания разряда, что характеризуется появлением тока в цепи ОС, происходит изменение напряжения до заданной величины тока разряда. Затем следует переход в режим стабилизации. Если зажигание не произошло, осуществляется переход в аварийный режим с отключением ИПР.

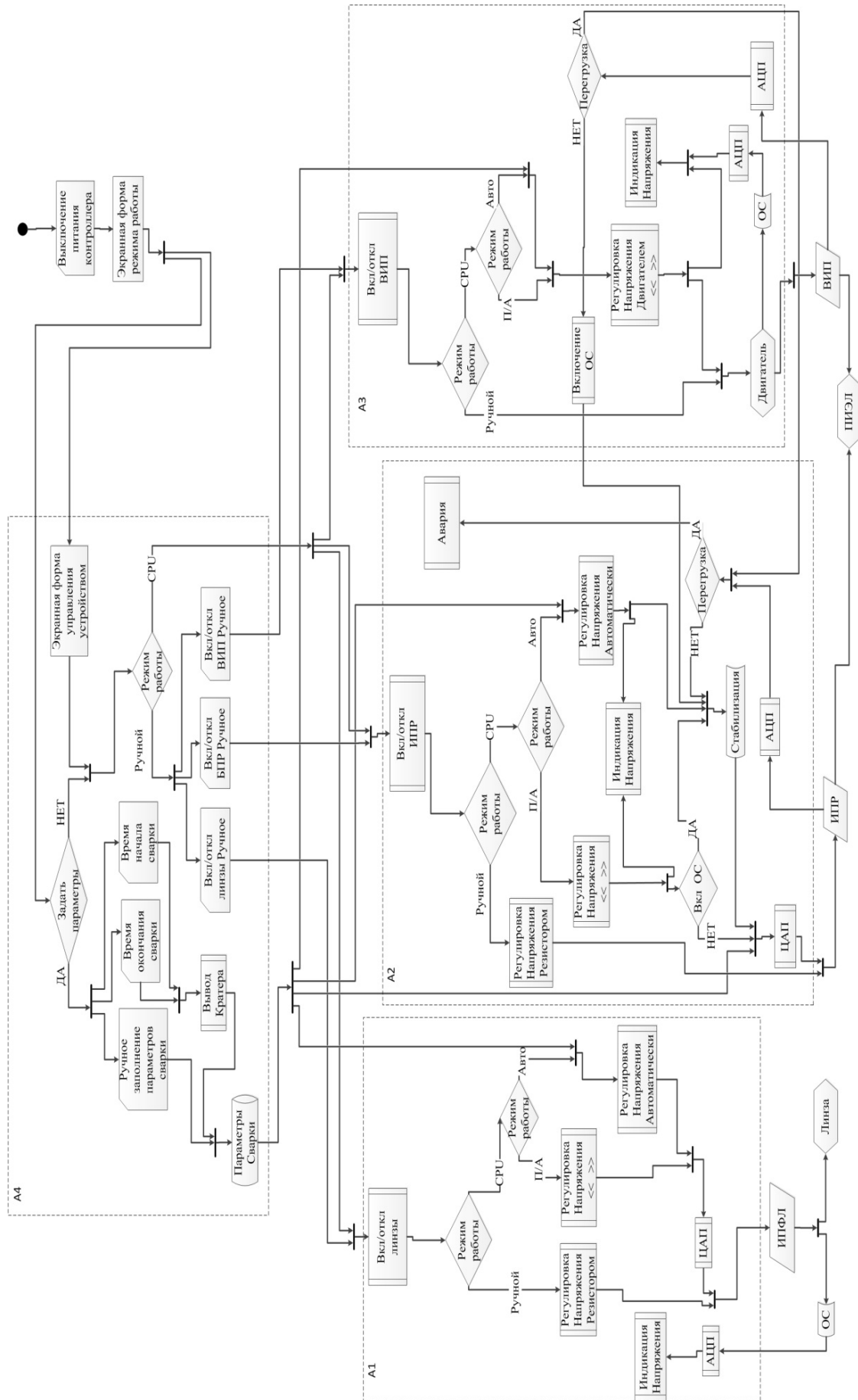


Рисунок – UML диаграмма активности

Программный блок управления для ВИП (А3) осуществляет работу с реверсивным двигателем, установленным на лабораторный автотрансформатор, с помощью которого происходит регулировка напряжения подаваемого на ВИП, и производит включение самого ВИП с подачей ускоряющего напряжения на плазменный источник электронов (ПИЭЛ).

Ручное управление ВИП и двигателем осуществляется с пульта управления. Контроль величин тока и напряжения пучка осуществляется через АЦП по их значениям на тактильной панели и стрелочных приборах. В этом режиме микроконтроллер производит мониторинг параметров на предмет их выхода за рамки критических значений. При обнаружении такой ситуации осуществляется отключение ВИП, одновременно на экран выводится соответствующее сообщение.

В полуавтоматическом режиме управление ВИП (включение и отключение, установка необходимого значения ускоряющего напряжения, подача и снятие напряжения на ПИЭЛ) производится через тактильную панель. Здесь также ведется постоянный контроль основных параметров.

Автоматический режим предполагает взаимодействие двух программных блоков А2 и А3. Вначале выбирается режим работы из базы данных и осуществляется запуск. При этом управление передается программному блоку А2 в автоматическом режиме. Результатом его работы служит наличие тока разряда со стабилизацией этого параметра. Одновременно программный блок А3 осуществляет установку заданного ускоряющего напряжения. По достижению положительного результата работы блоков А2, А3 происходит подача ускоряющего напряжения на ПИЭЛ и стабилизация его работы либо по току пучка, либо току разряда.

Программный блок хранения значений параметров работы (А4) осуществляет запись, хранение, редактирование параметров работы ПИЭЛ. К ним относятся ток и напряжения разряда и пучка, время работы, напряжение фокусирующей линзы, время вывода кратера.

Представленный алгоритм был использован для написания программы управления с использованием промышленного микроконтроллера Unitronics Vision 570. В ходе лабораторных испытаний он показал достаточно широкие функциональные возможности, удовлетворительное быстродействие, стабильную и продолжительную работу микроконтроллера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии и оборудование электронно-лучевой сварки – 2008 : материалы первой С.-Петерб. междунар. науч.-техн. конф., СПб., 19–22 мая 2008 г. / ФГУП «ЦНИИМ» – СПб. : ООО «Агентство “ВиТ-Принт”», 2008. – 210 с.
2. Плазменные процессы в технологических электронных пушках / М.А. Завьялов [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 212 с.
3. Окс, Е.М. Источники электронов с плазменным катодом / Е.М. Окс. – Томск : Изд-во НТЛ, 2005. – 216 с.
4. Назаренко, О.К. Схемотехника управления током сварочного пучка электронов / О.К. Назаренко. – Киев : Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, 2013. – 56 с.

Поступила 09.09.2015

ALGORITHM OF CONTROL BY SOURCES OF POWER OF CHARGED PARTICLES BEAM FORMATION SYSTEM WITH EXPANDED FUNCTIONAL AND SERVICE OPPORTUNITIES

I. RUSETSKI, D. RUGOL, O. PETROVICH

The algorithm of control by the automated work of power source of the electron beam equipment with use of the industrial microcontroller is considered. The operational modes allowing to provide in full the main technological operations are described. The UML chart of interrelations of elements of control and regulation is submitted. The algorithm can be used as basis for control program creation by an electron beam power complex on the basis of a gun with a plasma electrons source.