

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.518

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПУШКОЙ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ РЕАЛИЗУЕМОЕ НА БАЗЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

В.Г. ЗАЛЕССКИЙ, А.К. КОРОЛЬКОВ, П.В. ПАВЛОВЕЦ

*Полоцкий государственный университет
Блохина, 29, Новополоцк, 211440, Беларусь**Поступила в редакцию 26 июня 2009*

Рассматривается вариант реализации системы автоматизированного управления электронно-лучевым энергокомплексом на базе электронно-лучевой пушки с плазменным эмиттером. Реализованная система автоматизированного управления электронно-лучевой пушкой с плазменным эмиттером на базе персонального компьютера с использованием собственной компоненты визуализации показаний датчиков предусматривает связь между основными элементами электронно-лучевой установки. Управление циклом электронно-лучевой сварки осуществляется с учетом рассмотренных основных особенностей построения систем автоматизированного управления электронно-лучевыми энергокомплексами на базе электронно-лучевых пушек с плазменным эмиттером.

Ключевые слова: электронно-лучевой энергокомплекс, электронно-лучевая пушка с плазменным эмиттером, автоматизированная система управления, плазменный источник электронов.

Введение

В настоящее время технологические установки, использующие в качестве инструмента высокоэнергетические потоки электромагнитного излучения, электронные и ионные пучки, находят применение в промышленности для реализации различных технологических операций, для синтеза новых материалов и создания изделий с улучшенными технико-эксплуатационными характеристиками. Одним из способов получения электронных пучков является использование плазменных источников электронов [1]. В таких устройствах эмиттером электронов является плазменное образование, которое формируется в газоразрядной структуре. Плазменные источники электронов находят технологическое применение в основном для сварки и наплавки [2], а в целом позволяют реализовать значительный спектр технологических потребностей отечественного машино- и приборостроения [3]. В независимости от типа применяемых пушек расширение области применения электронно-лучевых технологий невозможно без глубокой автоматизации технологического процесса в целом. И хотя для электронно-лучевых энергокомплексов на базе плазменных источников электронов уже существуют отдельные частичные решения построения автоматизированных систем управления [2], полностью эта задача еще не решена. Оснащение такого оборудования автоматизированными системами управления позволит существенно повысить как производительность, так и комфортность работы. Следовательно, задача проектирования и разработки автоматизированной системы управления электронно-лучевой пушкой на базе плазменных источников электронов актуальна и имеет немаловажное значение для

обеспечения импортозамещения и расширения области применения современных технологий в промышленности Беларуси.

Анализ особенностей автоматизированного управления электронно-лучевыми энергокомплексами на базе электронно-лучевых пушек с плазменным эмиттером

Установки для электронно-лучевой сварки как объект автоматизации представляют собой сложный комплекс, в состав которого входит прецизионное электромеханическое, высокопроизводительное вакуумное и высоковольтное оборудование. В процессе сварки необходимо обеспечить высокую точность задания, стабилизацию и синхронизацию энергетических параметров пучка, прецизионность предварительной установки изделия и его перемещения. В состав установок для электронно-лучевой сварки входят многие локальные системы управления, в том числе вакуумированием, источником питания пушки, позиционированием изделия и фокусировкой электронного пучка. Функционирование систем автоматизированного управления электронно-лучевой сваркой осуществляется при участии оператора-технолога, который задает параметры технологического процесса, выполняет неавтоматизированные операции. Особенностью функционирования системы на стадиях подготовки и завершения является отсутствие жестких временных ограничений на обработку задач. На стадии подготовки система реализует однозадачный режим функционирования системы автоматизированного управления посредством диалога оператора-технолога с ЭВМ. При этом вне зависимости от типа применяемых пушек для электронно-лучевой сварки можно выделить общий алгоритм выполнения операций системой автоматизированного управления:

- проверяется работоспособность устройств вычислительного комплекса;
- включается система вакуумирования;
- рассчитываются коды для контроля и управления заданным режимом;
- контролируется вакуум в камере и пушке;
- при достижении заданного вакуума в камере и пушке осуществляются операции автоматического включения источника питания пушки по заданной программе с контролем всех промежуточных операций.

На стадии сварки система автоматизированного управления работает автономно, исключая возможность вмешательства оператора в технологический процесс. На стадии завершения сварки автоматически отключается источник питания пушки по заданному алгоритму. Этот алгоритм автоматизированного управления процессом электронно-лучевой сварки справедлив для электронно-лучевых энергокомплексов, использующих электронно-лучевые пушки как с термокатодом, так и с плазменным эмиттером. Однако при использовании электронно-лучевых пушек с плазменным эмиттером возникает ряд особенностей при построении систем автоматизированного управления, обусловленных непосредственно конструкцией самой пушки и систем ее энергопитания.

Во-первых, основным способом регулирования мощности пучка для электронно-лучевых энергокомплексов на базе термокатодов при стабилизации, вводе и выводе кратера является изменение напряжения на управляющем электроде, в то время как для электронно-лучевых энергокомплексов с пушками на основе плазменного эмиттера мощность пучка регулируется, в основном, изменением напряжения разряда. Это влечет за собой предъявление других требований к системе автоматизированного управления. В частности, изменяются требования к приоритетности и точности получения данных о параметрах электронно-лучевой пушки. Так как ключевым параметром теперь становится напряжение разряда, то его измерение, оцифровка, передача в ЭВМ для обработки должны производиться с повышенной точностью и иметь более высокий приоритет.

Во-вторых, важной особенностью электронно-лучевых энергокомплексов на базе пушек с плазменным эмиттером является то, что пробой ускоряющего промежутка пушки не приводит к прожогу обрабатываемого изделия, так как в электронно-лучевых пушках с плазменным эмиттером обычно формируется слаборасходящийся электронный пучок, что позволяет внести послабления в систему автоматизированного управления. В частности это позволяет изменить принципы построения обратной связи в системе управления процессом электронно-лучевой сварки. Нет необходимости реализовывать обратную связь для контроля и регулировки

параметров пучка непосредственно в процессе сварки с целью предотвращения пробоев, достаточно только запомнить координаты позиции обрабатываемой детали во время пробоя и потом исправить брак вторым проходом по сохраненным координатам.

В-третьих, готовность плазменного эмиттера к работе без необходимости прогрева и способность длительно работать при повышенных давлениях позволяет упростить вакуумное оборудование и повысить производительность установок. Снижение требований к вакууму, при котором протекает процесс электронно-лучевой сварки, позволяет упростить не только вакуумное оборудование, но и систему контроля вакуума в составе автоматизированной системы управления электронно-лучевой пушкой. Для контроля над вакуумом используется датчик, разделяющий всю область давлений на две части: пригодную для работы электронно-лучевой пушки с плазменным эмиттером и область повышенных давлений.

Система автоматизированного управления электронно-лучевой пушкой с плазменным эмиттером

Рассмотрим структурную схему автоматизированного управления электронно-лучевой пушкой (рис. 1).

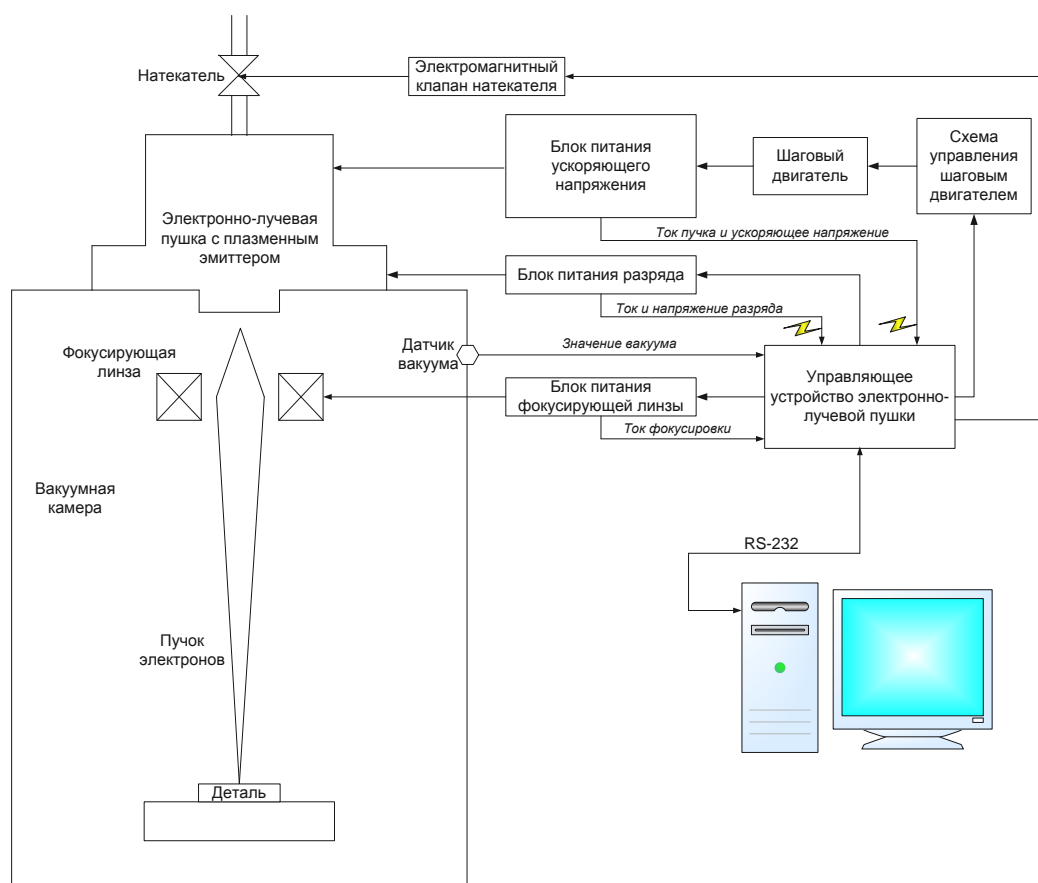


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного управления электронно-лучевой пушкой

Для успешного применения микропроцессорной техники необходимо, чтобы обеспечивалась помехоустойчивость информационных и управляющих каналов при развитии значительных перенапряжений из-за пробоев в электронной пушке. Это требует гальванической развязки линий связи объекта управления с ЭВМ. Поэтому показания всех датчиков, отмеченных на рис. 1 символом молнии, снимаются через трансформаторную развязку. Кроме того, высокое напряжение приводит к накоплению статического электричества на электропроводящих частях аппаратуры и частях автоматики, размещенных на высоковольтной стороне аппаратуры, поэтому все электропроводящие поверхности заземлены на корпус и все сигнальные линии экранированы.

Исходя из рассмотренной структурной схемы автоматизированного управления электронно-лучевой пушкой, выделим следующие контролируемые параметры:

Контролируемые параметры

Название	Пределы	Шаг	Количество дискретных значений	Необходимая дискретность АЦП
Напряжение разряда	0–1000 В	1 В	1000	10 бит
Ток разряда	0–1000 мА	1 мА	1000	10 бит
Ускоряющее напряжение	0–30 кВ	0,1 кВ	300	9 бит
Ток пучка	0–200 мА	0,5 мА	400	9 бит
Ток фокусировки	0–100 мА	0,5 мА	200	8 бит
Значение вакуума	0–10 В	0,01 В	1000	10 бит

Теперь рассмотрим управляющие сигналы системы управления параметрами электронно-лучевой пушки:

- один аналоговый сигнал для управления блоком питания разряда;
- один аналоговый сигнал для управления блоком питания фокусирующей линзы;
- один цифровой сигнал для управления электромагнитным клапаном натекателя;
- два цифровых сигнала для передачи информации на схему управления шаговым двигателем (первый вкл./выкл., второй — направление вращения).

Рассмотренные выше контролируемые параметры являются аналоговыми сигналами, поэтому для их передачи в программу автоматизированного управления и дальнейшей обработки их необходимо представить в цифровой форме. Таким образом, необходимо управляющее устройство, содержащее шестиканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с дискретностью не менее 10 бит на канал, а также двухканальный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и цифровой порт ввода/вывода не менее, чем на 3 бита. Для этих целей подходит устройство ADCS14-8D, содержащее на борту восьмиканальный АЦП с дискретностью двенадцать бит на канал, четырехканальный ЦАП с дискретностью четырнадцать бит на канал и порт цифрового ввода/вывода на двадцать бит. Это устройство полностью соответствует приведенным требованиям и имеет интерфейс сопряжения с компьютером RS-232 с гальванической развязкой, что повышает надежность, снижает уровень помех и упрощает программирование взаимодействия с этим устройством (взаимодействие с устройством осуществляется по WAKE протоколу). АЦП устройства ADCS14-8D оцифровывает сигналы с уровнем от –10 до +10 В, поэтому используется стандартная схема делителя напряжения для понижения уровня напряжения измеряемых параметров до приемлемой величины.

Структурная схема подключения управляющего устройства к персональному компьютеру представлена на рис. 2.

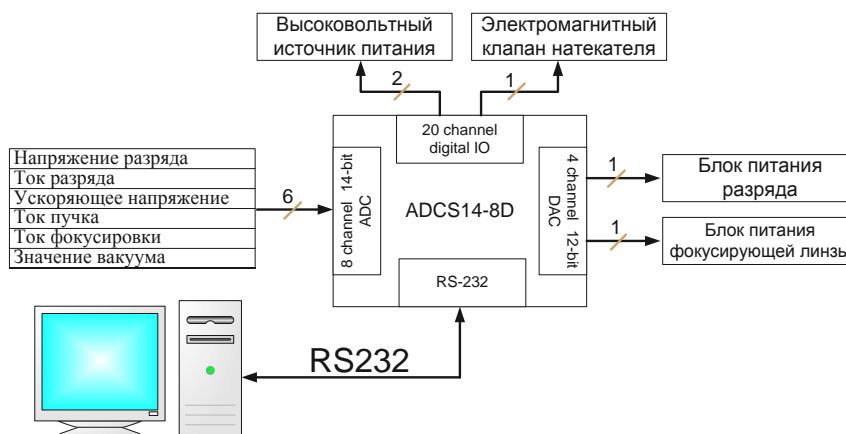


Рис. 2. Структурная схема подключения управляющего устройства

Для управления электронно-лучевой пушкой с плазменным эмиттером используется шесть каналов АЦП для оцифровки контролируемых параметров с датчиков, два канала ЦАП для формирования управляющего напряжения блока питания фокусирующей линзы и блока питания разряда, а также три бита порта цифрового ввода/вывода для управления высоковольтным источником питания и электромагнитным клапаном натекателя. Один канал АЦП используется для контроля вакуума в вакуумной камере. Управляется это устройство оператором с персонального компьютера при помощи разработанной программы управления. Программа визуально отображает информацию о текущих значениях датчиков и оператор, основываясь на этих показаниях, может регулировать основные параметры электронно-лучевой пушки до начала цикла сварки. Все поступающие с датчиков параметры проверяются на соответствие допустимому диапазону значений и в случае их выхода за установленные пределы, соответствующий датчик переключается в аварийное состояние и меняет цвет фона, сигнализируя тем самым оператору о чрезвычайной ситуации. Внешний вид этой программы управления представлен ниже на рис. 3.

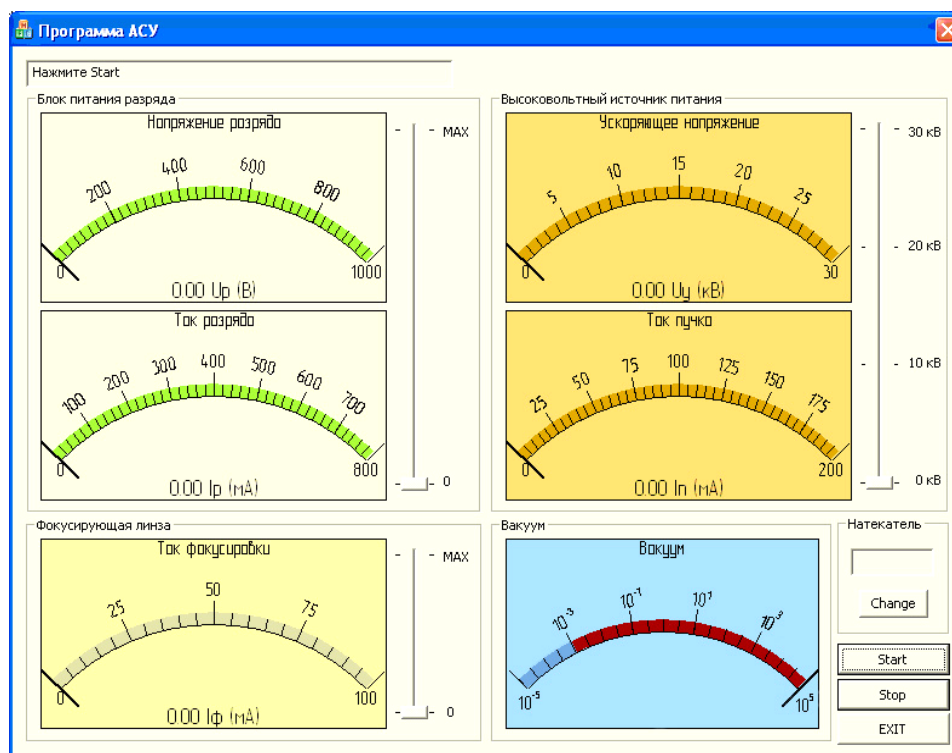


Рис. 3. Внешний вид программы управления

Для отображения показаний датчиков реализована программная компонента визуализации показаний датчиков. Эта компонента визуализации для автоматизированной системы управления представляет собой элемент ActiveX и позволяет реализовывать различные датчики, которые отображают измеряемую величину в виде значений на виртуальной шкале. Элемент управления ActiveX обладает уникальным идентификатором GUID и должен быть зарегистрирован в реестре. Программист имеет возможность назвать измеряемую величину и задать название единиц измерения этой величины. Разработанная компонента визуализации позволяет регулировать диапазон измеряемых значений произвольным образом и обладает системой контроля выхода измеряемых параметров из области допустимых значений [4].

Заключение

Рассмотрены некоторые особенности систем автоматизированного управления электронно-лучевыми энергокомплексами на базе электронно-лучевых пушек с плазменным эмиттером. Представлена разработанная система автоматизированного управления электронно-

лучевой пушкой с плазменным эмиттером, реализованная на базе персонального компьютера с использованием собственной компоненты визуализации показаний датчиков. В системе автоматизированного управления предусмотрена связь между основными элементами электронно-лучевой установки, т.е. технологическая операция начнется после получения необходимой величины вакуума и соответствия контролируемых параметров допустимым значениям. При этом повышается надежность и безопасность при работе с электронно-лучевой пушкой, а также повышается производительность установки и сокращается длительность технологического цикла. Представленная система управления позволит приблизить разрабатываемые отечественные электронно-лучевые энергокомплексы на базе пушек с плазменным эмиттером к современным зарубежным аналогам на базе термокатодных пушек, повысить ее конкурентоспособность и обеспечить внедрение в производство новых наукоемких технологий.

AUTOMATED MANAGEMENT BY AN ELECTRON-BEAM GUN WITH THE PLASMA EMITTER REALISED ON THE BASIS OF THE PERSONAL COMPUTER

V.G. ZALESSKI, A.K. KOROLKOV, P.V. PAVLOVETS

Литература

The variant of realization of system of automated management by an electron beam energy-complex on the basis of an electron beam gun with the plasma emitter is considered. The realized system of automated management by an electron beam gun with the plasma emitter on the basis of the personal computer with usage of the own component of visualization of indications of sensors provides communication between basic elements of electron beam installation. Management by a cycle of electron beam welding is carried out taking into account the considered basic features of construction of systems of automated management by an electron beam energy-complexes on the basis of electron beam guns with the plasma emitter.

Литература

1. Завьялов М.А., Крейндель Ю.Е., Новиков А.А., Шантурин Л.П. Плазменные процессы в технологических электронных пушках. М., 1989.
2. Белюк С.И., Осипов И.В., Ремпе Н.Г. // Изв. вузов. Физика. 2001. № 9. С. 77–84.
3. Груздев В.А., Залесский В.Г., Антонович Д.А., Голубев Ю.П. // Тяжелое машиностроение. 2004. № 9. С. 25–32.
4. Залесский В.Г., Корольков А.К., Павловец П.В. // Вестник ПГУ. Сер. С: Фундаментальные науки. 2009. № 3. С. 127–130.