

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО РЕАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р.Д. Герасимов, А.Я. Пак
Томский политехнический университет
E-mail: rdg2@tpu.ru

Введение

В последние годы активно применяются электроразрядные методы получения порошковых материалов, в частности на основе углерода [1]. Особое место среди рассматриваемой группы занимают методы, основанные на электродуговых установках постоянного тока, генерирующие плазму в открытой воздушной среде в целях синтеза наноразмерных углеродных частиц. С высокой вероятностью в ближайшие годы обсуждаемая технология выйдет на новый уровень с точки зрения технико-экономических показателей, что важно для возможного будущего внедрения таких технологий в промышленность.

Дуговые реакторы и другие плазменные установки могут использоваться для различных целей, например, для синтеза нанодисперсных материалов, обработки материалов или для утилизации отходов [2-4]. При этом они могут иметь различные варианты исполнения: вертикальные и горизонтальные, совмещенного и раздельного типа, работающие в инертной среде и в открытой воздушной среде. Однако все они при разработке характеризуются одинаковыми параметрами: повторяемость экспериментов, режимы управления, надежность.

Целью, преследуемой в данной работе, является повышение надежности системы управления электродугового реактора постоянного тока.

Методы

Эксперименты производились на действующей лабораторной установке для плазмохимического синтеза с автоматизированной системой управления [5]. Имеющаяся установка и система управления характеризуется низкими параметрами надежности системы. Основной проблемой является высокая степень отказов датчика тока, что приводит к нарушению параметров синтеза и соответственно незапланированным результатам. Один из основных параметров, а именно, заданное время синтеза, порой из-за этого имеет большую длительность чем необходимо. В целях повышения надежности системы было решено использовать резервирование в форме дублирования аппаратных средств, а именно датчиков тока, а также введения в систему управления данных о напряжении на рабочем органе (дуговом разряде).

Структурное резервирование (дублирование датчиков тока). В данной системе самым слабым звеном является именно датчик тока на эффекте Холла. Во-первых, выходной сигнал датчика тока

зависит от напряжения питания, а именно, при холостом ходу на выход датчика подается половина напряжения питания. Соответственно необходимо использовать источник тока с точно известным значением напряжения питания и установить на входе и выходе датчика тока электрические емкости (конденсаторы) для снижения импульсных воздействий на систему измерений. Во-вторых, управление системой производится по сигналу датчика тока, в случае его отказа (или отказа его линии связи, или цепи питания) система становится неработоспособной, поэтому во избежание данной проблемы следует установить по крайней мере два датчика тока, для обеспечения возможности резервирования. И в-третьих, в случае сильного влияния кондуктивных и индуктивных помех, дублирование позволяет повысить точность измерений.

Функциональное резервирование (введение в систему управления сведений о напряжении на дуговом разряде). Во время иницирования дугового разряда и синтеза происходит падение напряжения до величины дуговой стадии (рис.1). Зная это, возможно использовать сигнал на управление как по току, так и по напряжению. В результате, в коде программы появляется дополнительный (третий, к существующим двум от датчиков тока) сигнал, все три сигнала связаны между собой логическим «ИЛИ» в функции запуска рабочего цикла системы при иницировании разряда. Схема подключения представлена на рисунке 2. Таким образом мы можем повысить вероятность срабатывания и повышение надежности системы.

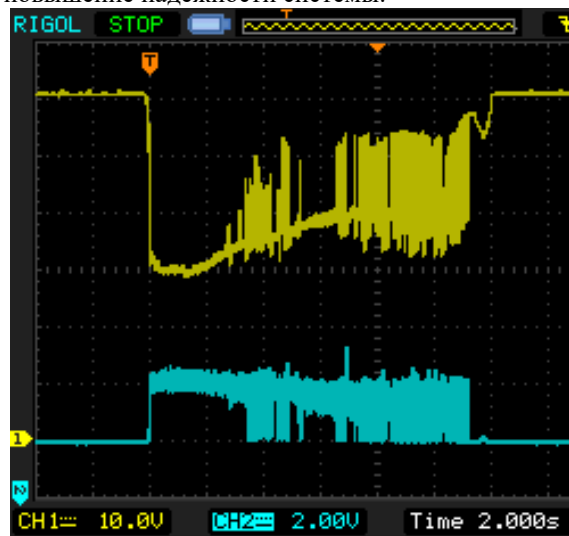


Рис.1. Типичные осциллограммы

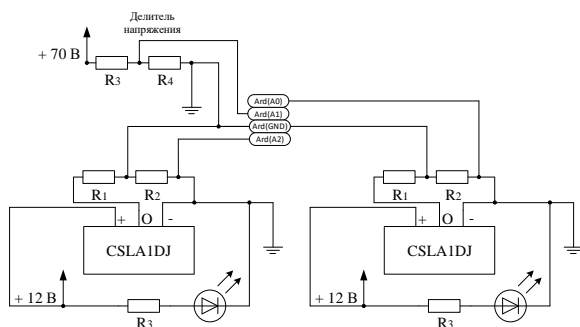


Рис.2. Схема подключения датчиков

Отправка серии сигналов на управление. Последним шагом для увеличения надежности системы является изменение кода программы таким образом, чтобы контроллер отправлял не один сигнал, а серию сигналов. Это не скажется на быстродействии, однако поможет избежать ситуации, если одиночный сигнал был потерян.

Результаты работы

После проведения всех этапов модернизации необходимо проверить надежность работы системы управления. Для этого была проведена серия экспериментов, в которой регистрировался факт инициирования разряда и по соответствию фактической продолжительности горения разряда, запланированной оценивалась способность системы запускать и поддерживать заданный режим. На данном этапе ведется сбор статистических данных для корректной оценки параметров надежности системы. Однако, предварительные данные показали более высокую точность соответствия планового режима работы фактическому. Блоки функционального и структурного резервирования, а также устройства аппаратного шумоподавления в виде электрических емкостей положительно сказались на работе установки. Таким образом предварительно установлено, что данные изменения благоприятно повлияли на интенсивность отказов системы управления. Кроме того, модульность системы позволила добиться очень высокой скорости замены компонентов системы, что позволяет не только ускорить ее ремонт, но и дает возможность быстрого и простого добавления новых компонентов. Это важно для дальнейшего развития, так как при добавлении новых элементов системы частой проблемой является нехватка пространства при существующем расположении элементов, а также затруднения при их монтаже.

Заключение

В результате выполнения данной работы была повышена надежность системы управления электродугового реактора путем дублирования управляющих сигналов (по току и напряжению), а также датчиков тока. Теперь о выходе датчика из строя возможно узнать до того, как это станет

проблемой и заменить элемент, вышедший из строя. Кроме того, было повышено количество удачных обработок алгоритма в результате использования серии управляющих сигналов, а не одиночного сигнала. В ходе реализации работы было принято решение использовать модульную систему, т.е. каждый блок расположен на отдельной плате, что позволяет очень быстро заменять поврежденные элементы или внедрять новые компоненты в систему, например, блок для анализа газовой среды, блок охлаждения электродов или датчики температуры. Так же была разработана схема-концепт, которая позволит увеличить производительность работы установки.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ РФ (проект МК-633.2019.8)

Список использованных источников

1. Smith E.A.M., Liu Y., Stirling C., et al. Plasma functionalisation of few-layer graphenes and carbon nanotubes for graphene microsupercapacitors // *Electrochimica Acta.* – 2019. – V. 317. – P. 348-357.
2. Agarwal S., Sarkar S., Das M., Dixit A. Tribomechanical characterization of spark plasma sintered chopped carbon fibre reinforced silicon carbide composites // *Ceramics International.* – 2016. – №. 42. – P.18283-18288.
3. Zhao P., Ni G., Jiang Y., et al. Destruction of inorganic municipal solid waste incinerator fly ash in a DC arc plasma furnace // *Journal of Hazardous Materials.* – 2010. – Vol. 181. – P. 580-585.
4. Saito Y., Matsumoto T., Nishikubo K. Encapsulation of TiC and HfC crystallites within graphite cages by arc discharge // *Carbon.* – 1997. – № 35. – P. 1757-1763.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018665589.