

УДК 621.762

## РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ ИЗ ТОКОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

© 2009 Е.В. Агеев<sup>1</sup>, Б.А. Семенихин<sup>1</sup>, Р.А. Латыпов<sup>2</sup>, Р.В. Бобрышев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Курский государственный технический университет

<sup>2</sup> Московский государственный вечерний металлургический институт

Поступила в редакцию 3.11.2009

Работа посвящена разработке установки для получения порошков из токопроводящих материалов.

Ключевые слова: *порошки, электроэрозионное диспергирование, генератор импульсов*

В настоящее время одним из перспективных методов получения порошков из токопроводящих материалов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), достоинствами которого являются:

- возможность получать порошки преимущественно сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон практически из любых токопроводящих материалов за одну операцию;
- безвредность и экологическая чистота процесса;
- относительно невысокие энергетические затраты;
- малые производственные площади;
- отсутствие механического износа оборудования.

К настоящему времени уровень разработки метода ЭЭД достиг опытно-промышленного производства. Но аттестация и использование получаемых порошков сдерживается отсутствием эффективного оборудования, позволяющего стабильно получать материалы с заранее заданными свойствами. Для практического осуществления процесса ЭЭД через межэлектродный промежуток (МЭП) должны проходить импульсы тока с определенной амплитудой и частотой, разделенные интервалами, во время которых ток между электродами отсутствует [1]. Формирование

импульсов электрической энергии, подаваемых в МЭП, происходит с помощью специальных генераторов импульсов (ГИ) [2]. ГИ должны отвечать определенным требованиям: иметь высокий КПД, сохранять в процессе ЭЭД установленный режим диспергирования, т.е. быть стабильными в работе и удовлетворять технологическим требованиям ЭЭД.

В настоящее время для ЭЭД применяют различные ГИ, которые по принципу действия могут быть разделены на два основных типа. К первому типу генераторов, в которых формирование импульсов осуществляется за счет нелинейного характера сопротивления МЭП, относятся релаксационные генераторы (по названию наиболее распространенной группы генераторов этого типа). Параметры импульсов в таких ГИ зависят от состояния МЭП и характера нагрузочной цепи, так как накопление энергии происходит в реактивных элементах цепи, т.е. в емкости или индуктивности. Генераторы, в которых импульсы создаются без использования нелинейных свойств МЭП, а лишь подводятся к последнему для осуществления процесса электрической эрозии, относятся ко второму типу, это разрядные, машинные и полупроводниковые ГИ.

В настоящее время для ЭЭД металлов и других токопроводящих материалов предложено и используется чрезвычайно большое количество разнообразных схем генерирования импульсов электрической энергии. Однако в большинстве схем используются следующие два основных метода генерирования импульсов. Первый метод применяют для получения импульсов электрической энергии значительной длительности с малой скважностью. В таких ГИ импульсы формируются за счет прерывания тока первичного источника питания. При генерировании импульсов в таких ГИ от источника питания через коммутирующее

*Агеев Евгений Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. E-mail: ageev\_ev@mail.ru*

*Семенихин Борис Анатольевич, старший преподаватель кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства. E-mail: boriss@bk.ru*

*Латыпов Рашид Абдулхакович, доктор технических наук, профессор, декан факультета автоматизации, технологий и оборудования. E-mail: latipov46@mail.ru*

*Бобрышев Роман Владимирович, аспирант. E-mail: pr\_ochpr@mail.ru*

устройство и токоограничивающую цепь в МЭП поступает электрическая энергия в те моменты, когда коммутирующее устройство находится в проводящем состоянии. Длительность и скважность получаемых импульсов задаются коммутирующим устройством, а амплитуда тока – величиной напряжения источника питания и сопротивлением токоограничивающей цепи. Обычно получаемая скважность невелика: при больших скважностях этот метод генерирования становится неэкономичным. Все ГИ, работающие по первому методу, должны быть отнесены ко второму типу. Основными недостатками ГИ, работающих по первому методу, являются реализация в нагрузке импульсных мощностей, не превышающих мощность питающей сети, и непосредственное включение нагрузки в цепь питающей сети.

Второй метод применяют для получения коротких импульсов с большой скважностью. В таких ГИ осуществляется предварительное накопление электрической энергии и импульсная ее отдача в нагрузку. При генерировании импульсов по этому методу электрическая энергия от источника питания через токоограничивающую цепь в требуемом количестве запасается в накопителе. При этом коммутирующее устройство (в ГИ второго типа) или межэлектродный промежуток (в ГИ первого типа) должны находиться в непроводящем состоянии. В определенный момент коммутирующее устройство переводится в проводящее состояние (в ГИ первого типа происходит пробой МЭП). Запасенная в накопителе порция электрической энергии выделяется в МЭП в виде короткого импульса

большой мощности, на несколько порядков превышающей мощность питающей сети. В качестве накопителя применяют электрохимические, электромеханические, индуктивные и емкостные накопители энергии.

Наилучшие показатели по импульсной мощности и допустимому току короткого замыкания, отнесенные к объёму, массе и стоимости, имеют в настоящее время емкостные накопители энергии (электрические конденсаторы), наиболее широко применяющиеся в ГИ электроэрозионных установок. ГИ с большой скважностью второго типа имеют существенные преимущества перед аналогичными генераторами первого типа. Они позволяют получать короткие импульсы большой мощности с высокой частотой следования, что обеспечивает большую производительность процесса ЭЭД. Кроме этого, если цепи заряда и разряда накопителя разобщены, то режим разряда на нагрузку практически не влияет на процессы передачи энергии от питающей сети в накопитель. Поэтому в настоящее время ГИ второго типа начинают широко применяться, несмотря на их сложность.

На основании проведенных исследований различных схем генераторов импульсов авторами была разработана экспериментальная установка ЭЭД (рис. 1), состоящая из регулятора напряжения, генератора импульсов и реактора. Регулятор напряжения служит для регулирования и установки необходимого переменного напряжения на входе генератора импульсов в пределах от 0 до 250 В. В качестве регулятора напряжения используется регулятор напряжения однофазный РНО-250-10 ТУ 16.-517.298-70.



Рис. 1. Структурная схема установки ЭЭД

ГИ, структурная схема которого представлена на рис. 2, собран по однозвенной схеме [3] с резонансным зарядом рабочего емкостного накопителя от источника постоянного напряжения. ГИ состоит из двух основных функциональных узлов: силового блока и блока управления. В состав силового блока входят: однофазный выпрямитель, преобразующий переменное напряжение 0-250 В в

постоянное; опорная батарея конденсаторов, фильтрующая выпрямленное напряжение; зарядный тиристорный коммутатор, обеспечивающий резонансный заряд рабочего накопителя и его отключение от опорной батареи конденсаторов на время формирования импульса разрядного тока; рабочий накопитель, накапливающий электрическую энергию и отдающий ее в нагрузку; разрядный тири-

сторный коммутатор, подключающий заряженный рабочий накопитель к нагрузке и исключающий влияние режимов разряда на режимы потребления электрической энергии от питающей сети. Для контроля за режимами работы силового блока предусмотрены:

вольтметр постоянного напряжения ( $U$  опорное), индицирующий величину напряжения на опорной батарее конденсаторов и вольтметр амплитудных значений ( $U$  рабочее), индицирующий максимальное напряжение на рабочем накопителе.

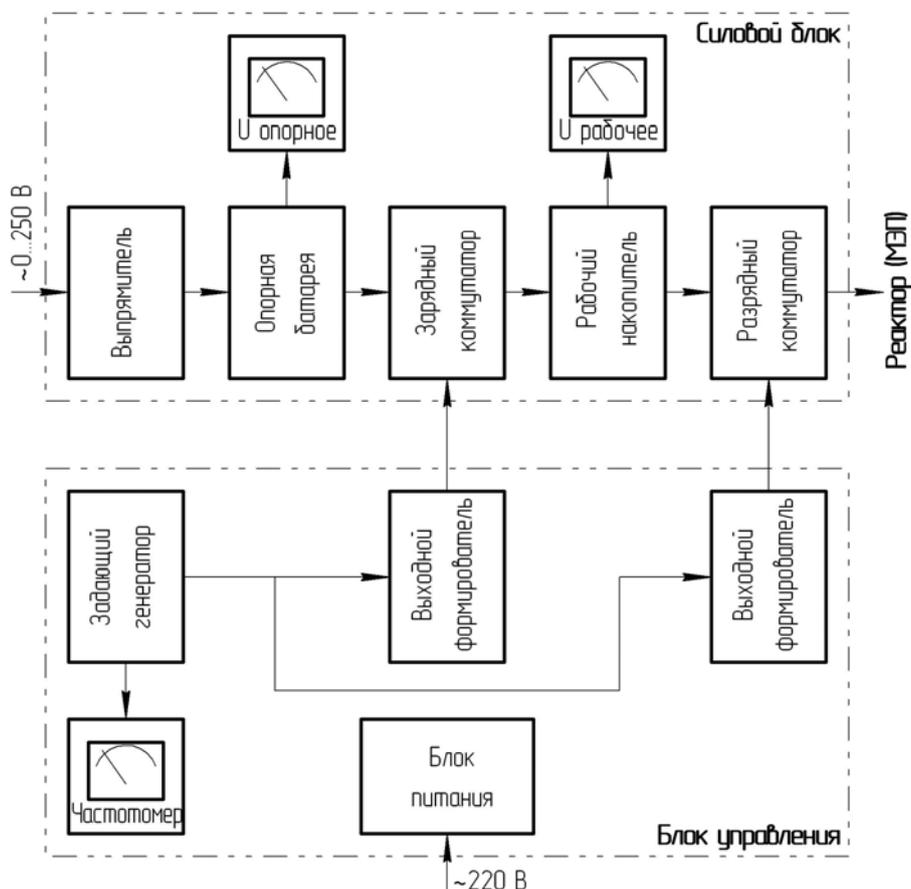


Рис. 2. Структурная схема ГИ установки ЭЭД

Блок управления предназначен для выдачи сигналов управления зарядным и разрядным коммутаторами, определения и индикации рабочей частоты генератора импульсов, оперативного изменения режимов в процессе работы и настройки. В состав блока управления входят задающий генератор, выполненный на основе управляемого мультивибратора, с регулятором и индикатором рабочей частоты; выходные формирователи сигналов управления зарядным и разрядным коммутаторами и блок питания, обеспечивающий работу блока управления.

ГИ работает следующим образом. Задающий генератор вырабатывает тактовые импульсы, частота которых может регулироваться и отображается индикатором рабочей частоты. Из этих импульсов формируются импульсы управления зарядным и разрядным коммутаторами, поступающие на выходные формирователи, которые формируют сигналы

управления зарядным и разрядным коммутаторами, соответствующей частоты и амплитуды, а также обеспечивают гальваническую развязку (на основе оптопары) между силовым блоком и блоком управления и помехозащищенность блока управления. Под воздействием сигналов управления зарядным и разрядным коммутаторами происходит их периодическое включение и выключение, с частотой определяемой задающим генератором. В результате чего, обеспечивается периодический заряд рабочего накопителя от питающей сети и его разряд на нагрузку (межэлектродный промежуток). В данном ГИ в качестве задающего генератора может использоваться любой другой внешний генератор, а также персональный компьютер, генерирующий сигналы различной формы, частоты и амплитуды с помощью специальной программы-генератора и установленной звуковой карты. Реактор служит емкостью, в которую загружается

диспергируемый материал, и в которой непосредственно и происходит процесс ЭЭД. Объём реактора замкнут, и зона диспергирования охлаждается за счёт конвекции рабочей жидкости. Это даёт возможность улавливать все частицы и работать со всем объёмом загружаемого материала. Температура рабочей жидкости в среднем устанавливается постоянной за счёт постоянного теплообмена между реактором и окружающей средой.

Разработанная установка позволит стабилизировать процесс порошкообразования при диспергировании токопроводящих материалов, а также получать порошки с необходимыми свойствами и разработать технологические рекомендации по их дальнейшему использованию в технологических процессах восстановления и упрочнения деталей машин.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по проблеме «Получение порошковых материалов из отходов спеченных твердых сплавов, их аттестация и применение в технологиях восстановления и упрочнения деталей машин» (гос. регистр. № П601).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Немилев, Е.Ф. Электроэрозионная обработка материалов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 160 с.
2. Левинсон, Е.М. Электроэрозионная обработка металлов / Е.М. Левинсон, В.С. Лев. – Л.: Лениздат, 1972. – 328 с.
3. Шидловский, А.К. Электроэрозионные технологические установки для получения порошков металлов // Электрофизические технологии в порошковой металлургии, 1986. – С. 106-108.

### DEVELOPMENT OF THE UNIT FOR OBTAINING THE POWDERS FROM CONDUCTIVE MATERIALS

© 2009 E.V. Ageev<sup>1</sup>, B.A. Semenihi<sup>1</sup>, R.A. Latypov<sup>2</sup>, R.V. Bobryshev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kursk State Technical University,  
<sup>2</sup> Moscow State Evening Metallurgical Institute

Work is devoted to development of unit for reception of powders from conductive materials.

Key words: *powders, electroerosive dispersion, surge generator*

---

*Evgeniy Ageev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automobiles and Automobile Facilities. E-mail: ageev\_ev@mail.ru*

*Boris Semenihi, Senior Lecturer at the Department of Automobiles and Automobile Facilities. E-mail: boriss@bk.ru*

*Rashit Latypov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Automation, Technology and Equipment. E-mail: latipov46@mail.ru*

*Roman Bobryshev, Graduate Student. E-mail: np\_ochp@mail.ru*