

**Список літератури:** 1. Волков И.В., Пентегов И.В. Тесловские процессы в высоковольтных высокочастотных электрических цепях // Технічна електродинаміка: Тем. випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2000. – Ч.1. – С. 7-11. 2. Мирошниченко Л.Н. Резонансные зарядные устройства емкостных накопителей энергии для унифицированных блоков ГИТ / Л.Н.Мирошниченко, А.Н. Голобородько, В.М. Рябенкий // Технічна електродинаміка. Тем. вип. Проблеми сучасної електротехніки. – 2004. – Ч. 7. – С. 125-129. 3. Мирошниченко Л.Н. Зарядные устройства ГИТ с промежуточным преобразованием частоты // Технічна електродинаміка. Тем. вип. Силовая електроніка та енергоефективність. – 2001. – Ч. 1. – С. 13-16.

*Поступила в редколлегию 15.05.2007*

УДК 681.51: 537.528

**Н.С.НАЗАРОВА**, канд.техн.наук; **Д.В.ВИННИЧЕНКО**;  
**И.Л.НАЗАРОВА**; Институт импульсных процессов и технологий НАН  
Украины; Национальный университет кораблестроения, Николаев

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗРЯДНОГО ТОКА ДЛЯ РАЗРЯДНОИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Розроблено архітектуру автоматизованої системи вимірювання розрядного струму для розрядно-імпульсних технологій в установках з рухомим електродом, яка дозволяє ефективно контролювати стан об'єкту керування.

The architecture of the automated measuring system for of discharge technology installations with a mobile rod is designed, which one allows effectively to control a condition of object of control.

**Введение.** В современном промышленном производстве получили широкое применение импульсные технологии, которые позволяют осуществлять концентрированное, дозированное воздействие в заданных координатах, с достижением при этом высоких удельных энергетических показателей. Среди импульсных технологий несомненные преимущества с точки зрения простоты реализации, эффективности, безопасности, высокой мощности, возможности управления процессом импульсного влияния на материалы и изделия имеют технологии, в которых используется высоковольтный электрический разряд в жидкости. Источником влияния является импульс давления, которое генерируется каналом электрического разряда, возникающего между электродами (или электродом и изделием). Техническим средством для реализации разрядноимпульсных технологий в промышленности являются электрогидроимпульсные установки (ЭГУ), которые применяются для импульсного разрушения материалов (технологии очистки отливок, снятия остаточных напряжений, разрушения негабаритов).

Дальнейшее расширение области применения разрядноимпульсных технологий требует создания эффективных устройств регулирования режима импульсного воздействия на обрабатываемые изделия высоковольтного электрического разряда в жидкости. Как показывают теоретические и экспериментальные исследования, параметры импульсного влияния определяются режимом разряда и зависят от многих факторов, таких, как параметры установки, свойства жидкости, длина излучателя (канала разряда), которая определяется длиной межэлектродного промежутка. В зависимости от технологического назначения ЭГУ острота проблем, связанных с необходимостью регулирования режима разряда, разная. Она определяется, в основном, влияниями возмущений, которые в процессе работы ЭГУ действуют на факторы, которые определяют режим разряда. С этой точки зрения острейшая проблема регулирования стоит в установках для очистки отливок и снятия остаточных напряжений, в которых общий вес изделий, загружаемых на платформу для обработки, достигает 200 т (в ЭГУ модели 36216).

В современной теории управления ЭГУ с подвижным электродом, в которых характеристики процессов, протекающих в технологическом узле, имеют случайный характер с нормальными распределениями, показана возможность использования в качестве информационных координат амплитуды разрядного тока  $i_m[n]$ , напряжения на канале разряда в момент замыкания плазменного канала  $U_{пр}[n]$  и их линейных комбинаций [1, 2].

Для дальнейшего развития теории автоматического регулирования режимов разряда в электрогидроимпульсных установках с подвижным электродом, необходимо провести синтез и создать оптимальную систему автоматического регулирования с унифицированными интерфейсами, которая будет представлять собой один из блоков многоуровневой иерархической системы управления электроимпульсными установками [3].

**Целью работы** является создание автоматической подсистемы измерения импульсного разрядного тока с унифицированным интерфейсом на базе программируемых однокристалльных микроконтроллеров.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- на основании анализа информационных координат технологического процесса в электрогидроимпульсных установках с подвижным электродом, разработать функциональную схему измерительной системы;
- на основе анализа современной элементной базы и требований к точности измерения информационных координат выходного вектора объекта управления, разработать архитектуру измерительного комплекса, которая позволит эффективно контролировать состояние объекта.

**Анализ проблемы.** Анализ математической модели системы автомати-

ческого регулирования электрогидроимпульсных установок [1] показал, что в качестве информационной координаты можно использовать текущую реализацию случайной величины  $U_{\text{пр}}[n]/i_m[n]$ , которая имеет меньшую дисперсию, что позволяет повысить точность оценки состояния объекта регулирования. Там же показано, что она определяется только активной стадией разряда и не зависит от стадии формирования канала разряда, которая имеет стохастическую природу, что позволяет уменьшить погрешность оценки состояния объекта регулирования (зона достоверной оценки исходной координаты уменьшается до 22 % от номинальной величины, в сравнении с 39 % в известных устройствах).

Выходные координаты  $U_{\text{пр}}[n]/i_m[n]$  и  $ki_m[n]$  имеют корреляционную связь с коэффициентом корреляции близким к минус единице [2]. Это обусловило возможность использования информационной координаты

$$\Sigma[n] = (U_{\text{пр}}[n]/i_m[n] + ki_m[n])/2,$$

имеющей по результатам последних экспериментальных данных наименьшую дисперсию. Среднеквадратичное отклонение этой величины находится в пределах от 2 до 4 % от номинальной величины в границах области технологического процесса.

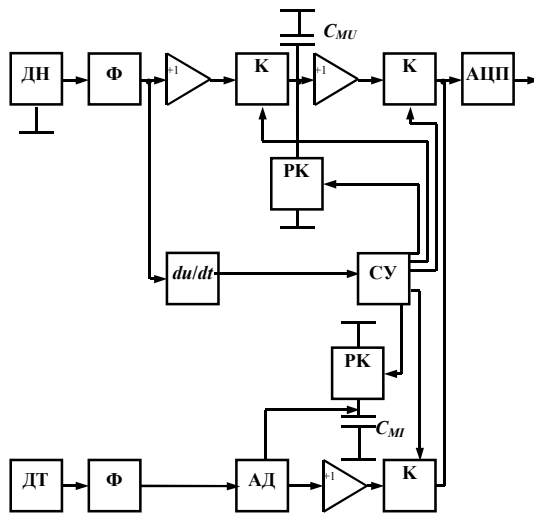
Таким образом, входными данными измерительной системы являются сигналы с датчиков напряжения и разрядного тока. Разработанная авторами функциональная схема включает в себя аналоговую и цифровую части, управление которыми осуществляется программно автоматической системой управления СУ. Аналоговая часть представлена на рисунке.

На схеме обозначены датчик напряжения (ДН), фильтр (Ф), высокоомные повторители (+1), ключи (К), разрядные ключи (РК), накопительные конденсаторы ( $C_M$ ), дифференциатор ( $du/dt$ ), амплитудный детектор (АД), система управления (СУ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который является блоком, сопрягающим аналоговую и цифровую части измерительного комплекса.

Для получения значения напряжения на канале разряда в момент замыкания плазменного канала  $U_{\text{пр}}[n]$  используется измерительный тракт, включающий в себя ДН, ФНЧ,  $C_{\text{МУ}}$  – на котором запоминается значение напряжения в момент резкого увеличения сигнала с дифференциатора ( $du/dt$ ). Для измерения разрядного тока используется бесконтактный датчик тока, основанный на эффекте Холла (датчик Холла). Амплитудное значение разрядного тока запоминается на  $C_{\text{МБ}}$ , на который поступает от ДТ через ФНЧ и АД. После обработки сохраненных сигналов с обоих каналов запоминающие конденсаторы разряжаются с помощью разрядных ключей, управляемых СУ. Представленная схема предполагает мультиплексированный вход АЦП.

Для разработки архитектуры измерительного комплекса был проведен анализ современной элементной базы и требований к точности измерения информационных координат выходного вектора объекта управления. Анализ

показал, что точность измерения информационных координат должна быть не менее 1 % максимального значения измеряемых величин. Это достаточное условие для эффективной работы системы автоматического управления режимом разряда в ЭГУ с подвижным электродом. Для экспериментальных исследований информационных координат желательно поднять точность измерений на порядок. Современная элементная база позволяет использовать многоразрядные АЦП с пониженным энергопотреблением и высокой точностью измерений. Основным требованием для экспериментальных исследований является высокое быстродействие системы (1,25 миллионов операций в секунду). Немаловажным требованием является необходимость сохранения большого массива данных (128 килобайт), которые поступают с указанной выше скоростью. Для обеспечения этого требования используется внешнее 16-ти разрядное статическое оперативное запоминающее устройство с механизмом прямого доступа к памяти (ПДП). Для экспериментальных исследований мониторинг процессов в объекте управления должен осуществляться с помощью персонального компьютера.



Структурная схема измерителя параметров импульсов

Для обеспечения этих требований авторами разработана архитектура измерительного комплекса со следующими параметрами:

- ядро вычислительной системы – 8-ми разрядный микроконтроллер ATmega128 с тактовой частотой 16 МГц;
- 12-ти разрядный АЦП AD7492 с быстродействием 1,25 млн. счетов в секунду;
- два кристалла статического ОЗУ KM68512 с циклом записи/чтения 50

- нс, организованных как 65536 слов 16 разрядов каждое;
- разрядность интерфейсов: – 16-ти разрядная шина данных и 20 разрядная шина адреса;
  - USB-UART преобразователь FT232BM или MAX232 для организации интерфейса между ПК и устройством.

**Выводы.** Разработана архитектура автоматизированной измерительной системы для разрядноимпульсных технологий в установках с подвижным электродом, которая позволяет эффективно контролировать состояние объекта управления.

**Список литературы:** 1. *Вовк И.Т., Овчинникова Л.Э., Назарова Н.С.* Синтез модели управления режимом высоковольтного разряда в жидкости // Сборник научных работ УДМТУ, Николаев. – 2000. – № 1 (366). – С. 128-135. 2. *Назарова Н.С.* Анализ статистической эффективности координат выходного вектора объекта управления // Сборник научных работ УДМТУ, Николаев. – 2001. – 1 (373). – С. 130-137. 3. *Назарова Н.С., Овчинникова Л.Е., Винниченко Д.В.* Разработка информационно-управляющего комплекса для разрядноимпульсных технологий // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка і електрофізика високих напруг, – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – № 37. – С. 156-164. 4. *Вовк И.Т., Вовченко А.И., Назарова Н.С.* Управление электрогидроимпульсными установками // Техническая электродинамика. Тематический вып. «Проблемы современной электротехники», Киев. – 2002. – Ч. 9. – С. 28-31.

*Поступила в редакцию 22.06.2007.*

УДК 621.317.32.027

**Ю.С.НЕМЧЕНКО**, НТУ «ХПИ»

## **ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

У статті наведені підсумки розробки в НДПКІ «Молнія» нестандартизованих засобів виміру імпульсних магнітних полів електророзрядних установок (ЕРУ), використовуваних для випробувань технічних засобів (ТЗ) на молнієстійкість. За період з 1972 по 2004 роки проводилася теоретична розробка різних типів засобів вимірювальної техніки, їх створення та метрологічна атестація. У результаті цієї роботи було створено більш ніж 30 типів цих ЗВТ, у тому числі кілька типів широкополосних ЗВТ.

The results of the development are brought in article in RDDI «Molniya» NTU «KPI» not standard facilities of the measurement by pulsed electromagnetic flap electroradiation installation, used for test the technical facilities on lightning resistance. For period with 1972 to 2004 was conducted theoretical development of the different types of the facilities of the measuring technology, their creation and metrological qualification. As a result of this work was created more than 40 types of the facilities of the measuring technology, including several types broadband.