

Н.С.Назарова, В.В.Діордійчук, Д.В.Вінниченко (Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Миколаїв)

ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ РОЗРЯДНО-ІМПУЛЬСНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИЛИВКІВ

Запропоновано архітектурні принципи інформаційно-керуючого комплексу для розрядно-імпульсної технології очищення виливків та розроблено апаратні і програмні засоби, які можуть бути використані як основа для побудови інформаційно-керуючих комплексів для різних розрядно-імпульсних технологій.

Предложены архитектурные принципы информационно-управляющего комплекса для разрядно-импульсной технологии очистки отливок и разработаны аппаратные и программные средства, которые могут применяться как основа для построения информационно-управляющих комплексов для различных разрядно-импульсных технологий.

Недоліком сучасних систем керування для розрядно-імпульсних технологій є відсутність автоматизованого взаємозв'язку між автоматичними системами регулювання окремими блоками операцій технологічного циклу. Для реалізації оптимальних законів керування, які формалізовано складними рівняннями або відношеннями множин, необхідно застосування мікропроцесорної обчислювальної системи з достатньою швидкодією, точністю і об'ємом оперативної та зовнішньої пам'яті. Ефективні моделі керування можуть бути реалізовані тільки на базі потужних мікропроцесорних обчислювальних систем. Тому на даний момент актуальним є створення інформаційного комплексу для виконання функцій автоматизованої системи керування розрядно-імпульсними технологіями. У роботі представлено результати розробки такого комплексу для розрядно-імпульсних технологій (РІТ) очищення виливків на базі установок з рухомим електродом.

Мета роботи: виконати синтез інформаційно-керуючого комплексу для РІТ очищення виливків і розробити апаратні засоби і комплекс програм для керування режимом розряду в умовах невизначеності, що характерні для установок з рухомим електродом.

В роботі розв'язано наступні задачі. Розроблено архітектурні принципи інформаційно-керуючого комплексу. Розроблено підсистеми вимірювання і кодування інформаційних координат процесу розрядно-імпульсного перетворення енергії у технологічному вузлі і цифрові ефективні підсистеми керування кроковими двигунами. Розроблено комплекс програмних і апаратних засобів для автоматичного керування і диспетчерського контролю змінних технологічного процесу з відповідним автоматизованим робочим місцем, призначеним для роботи під керуванням сучасних операційних систем.

У РІТ очищення виливків з рухомим електродом, який забезпечує переміщення зони розряду вздовж заданого контуру обробки поверхні деталі, значний вплив на ефективність обробки має якість керування режимом розряду з керуючим впливом за координатою $I(nT)$, що представляє собою довжину міжелектродного проміжку у момент замикання каналу розряду. Виконано ряд робіт, у яких розв'язано задачі створення оптимальних систем автоматичного керування режимом розряду [1,3]. Розроблено нечіткі моделі, які дозволяють підвищити енергоефективність установок до 30 %. Для реалізації розроблених нечітких моделей керування необхідно застосування мікропроцесорної обчислювальної системи з достатньою швидкодією, точністю і об'ємом оперативної та зовнішньої пам'яті. На сьогодні через різке зниження вартості мікропроцесорної техніки і збільшення її обчислювальних можливостей використання цифрових систем для керування технологічними процесами є більш доцільним і дозволяє значно підвищити енергоефективність РІТ.

Аналіз сучасних розрядно-імпульсних технологій, у яких використовується високовольтний електричний розряд у воді [3], і побудована на його базі узагальнена модель керування технологічним процесом [2] дозволили сформулювати основну тенденцію розробки сучасних систем керування РІТ – створення ієрархічної багаторівневої системи з уніфікованими інтерфейсами [4].

Архітектурні принципи інформаційного комплексу для автоматизованої системи керування режимом розрядно-імпульсного очищення виливків. В основу побудови інформаційно-

керуючого комплексу для РІТ очищення виливків покладено принцип модульності та уніфікації інтерфейсів. Цим вимогам відповідає багаторівнева ієрархічна структура. Мінімальна конфігурація системи – дворівнева, що включає польовий рівень і рівень диспетчерського керування. На польовому рівні розташовано системи автоматичного керування режимом перетворення енергії, виконання допоміжних операцій і т.п. Системи цього рівня включають датчики, контролери, виконавчі механізми. На рівні диспетчерського керування розташовано персональний комп'ютер з автоматизованим робочим місцем (АРМ) диспетчера. Зв'язок між рівнями здійснюється за допомогою стандартних інтерфейсів USB, RS-232, SPI.

При розробці архітектури цифрової керуючої системи проведено аналіз вимог до наступних її складових: структурна схема, засоби і способи доступу до елементів структурної схеми, організація і розрядність інтерфейсів, організація і способи адресації пам'яті, обробка переривань тощо. За результатами аналізу запропоновано структурну схему комплексу (рис. 1) з наступними відмінними рисами:

- комплекс складається з підсистем різного призначення, в тому числі він містить замкнені системи автоматичного регулювання;
- аналогові сигнали з датчиків нормуються, перетворюються у цифровий код, обробляються відповідно до розроблених авторами моделей і алгоритмів та перетворюються до виду інформаційних координат. Ці функції виконують достатньо складні мікропроцесорні системи, які розроблено у вигляді окремих модулів з уніфікованими інтерфейсами, що дозволяє використовувати шини даних (ШД/СШД) і адреси (ША/США) як загальний ресурс цифрової системи;
- початкові технологічні дані для регулятора режиму розряду задаються з комп'ютера диспетчерського рівня за допомогою інтерфейсу USB;
- всі підсистеми мають можливість використання їх для випробувань блоків цифрової системи керування і можуть працювати як окремо (в автономному режимі), так і у складі системи, що дозволяє, у разі необхідності, змінювати конфігурацію системи і забезпечує гнучкий механізм зміни структури системи при проведенні експериментальних досліджень, наприклад, для визначення параметрів технологічних режимів. Тому всі блоки мають додаткові підсистеми індикації і панелі введення інформації для роботи в автономному режимі.

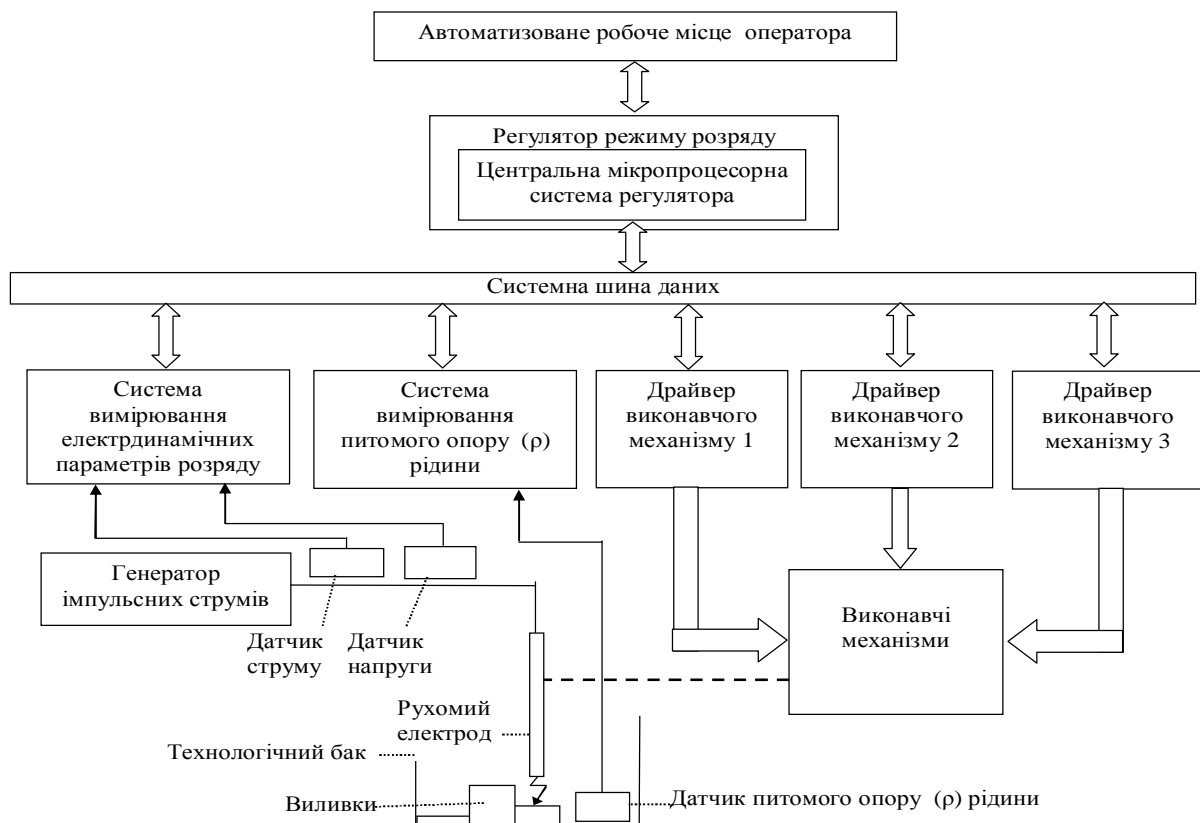


Рис. 1

Підсистеми вимірювання і кодування інформаційних координат процесу розрядно-імпульсного перетворення енергії у технологічному вузлі, цифрові ефективні підсистеми керування кроковими двигунами.

За результатами аналізу формату даних, сигналів керування, швидкості обробки і об'єму пам'яті для програмного забезпечення цифрової системи керування було розраховано кількісні характеристики складових архітектури і вибрано елементну базу для їх забезпечення. Аналіз елементної бази проведено за документацією розробників [7, 8,9]. У результаті розроблено функціональні схеми: мікропроцесорної системи вимірювання електродинамічних параметрів розряду (рис. 2, а), центральної мікропроцесорної системи (ЦМПС) регулятора режиму розряду з керуючим впливом за координатою $I(nT)$ (рис. 2, б); автоматизованої системи контролю питомої електропровідності води у технологічному баці (рис. 2, в); драйверів біполярних крокових двигунів (рис. 2, г); які відрізняються покращеними показниками якості керування, простотою використання в будь-якій цифровій мікропроцесорній системі керування кроковими двигунами і виконані на сучасних електронних компонентах.

Всі наведені підсистеми можуть працювати у сукупності завдяки уніфікованому інтерфейсу SPI, який апаратно реалізовано у багатьох мікроконтролерах, у тому числі фірми Atmel [9]. Структура шини SPI дозволяє змінювати склад системи, додаючи або виключаючи з системи деякі функціональні блоки.

Комплекс програмних і апаратних засобів для автоматичного керування і диспетчерського контролю змінних технологічного процесу з відповідним автоматизованим робочим місцем (АРМ), розробленим для роботи під керуванням сучасних операційних систем. Жодна су-

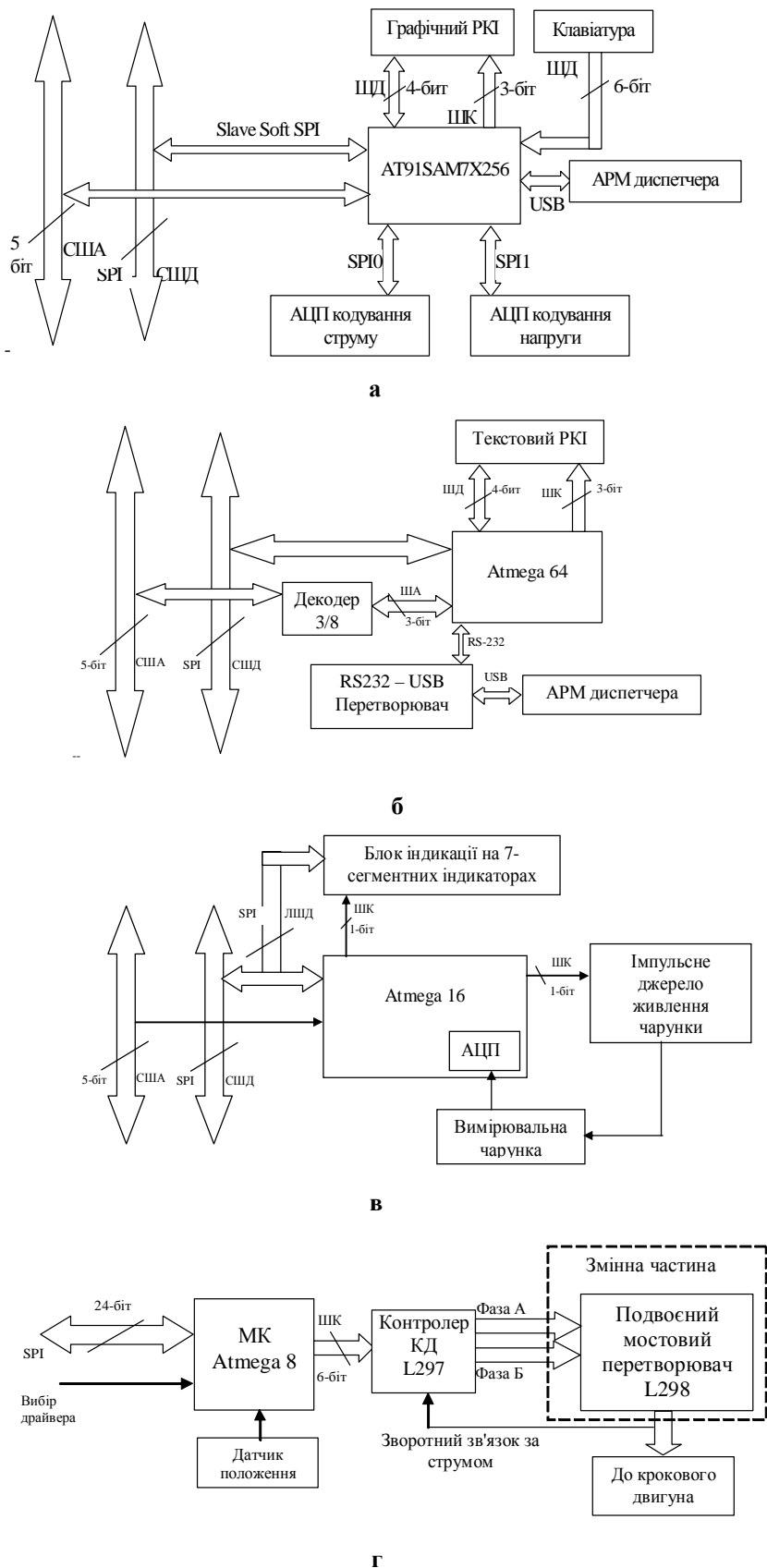


Рис. 2

часна мікропроцесорна система керування не зможе вирішувати покладених на неї задач без якісного керуючого програмного забезпечення (ПЗ). Тому одним із головних етапів побудови системи керування є створення комплексу програмних засобів, що дозволять реалізувати алгоритми обробки даних процесу керування, алгоритми керування об'єктом та забезпечать сукупність специфічних протоколів взаємодії підсистем та системи в цілому з ПК або іншими мікропроцесорними системами та комплексами.

По своїй суті структура комплексу програмного забезпечення повторює ієрархічну структуру системи керування в цілому і показана на рис. 1. Але, звертаючи увагу на специфіку функції ПЗ, що виконується на кожному рівні ієрархії, комплекс ПЗ також слід розділити за функціональними ознаками на наступні рівні: програмне забезпечення АРМ оператора; програмне забезпечення центральної мікропроцесорної системи керування режимом розряду; програмне забезпечення підсистем збору даних і керування виконавчими механізмами (рис. 3). Додатково за функціональними ознаками програмне забезпечення кожного рівня системи поділено на рівень команд, рівень транзакцій протоколу, рівень сигналів.

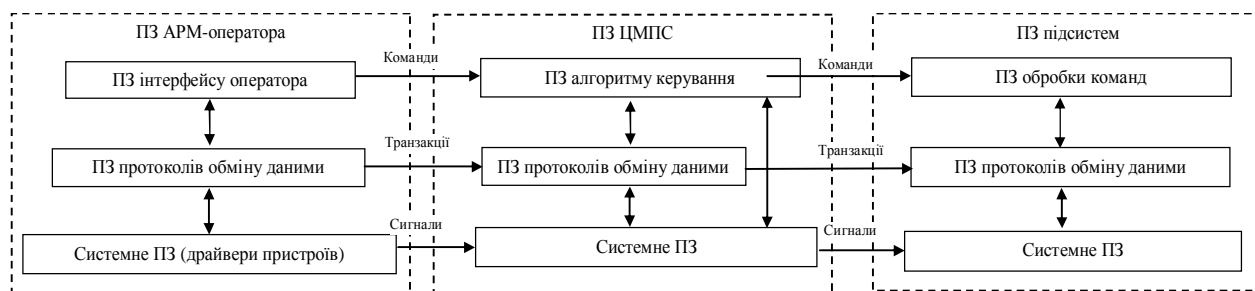


Рис. 3

Рівень програмного забезпечення команд представлено набором чітко визначених операцій, специфічних для кожного рівня ієрархії системи. Він дозволяє реалізувати функціональну наповненість підсистем та системи вищого рівня без доступу до нижніх рівнів програмних функцій, що значно спрощує алгоритми роботи як одної окремої підсистеми, так і всієї системи в сукупності. На базі рівня команд будується інтерфейс користувача і системи керування, систем вищого рівня та виконавчих підсистем. Командна взаємодія між елементами системи відбувається завдяки рівню транзакцій, через які виконується обмін командами та даними в системі.

Рівень транзакцій присутній у кожному елементі всієї ієрархії системи, оскільки завдяки йому відбувається взаємозв'язок усіх пристроїв системи. Цей рівень відокремлюється від загального комплексу ПЗ завдяки наявності в системі низки специфічних протоколів передачі команд та даних, а отже, і їхніх алгоритмів проміжної обробки та формування пакетів даних за правилами, встановленими протоколом. Потік запитів від підсистем направлено за ієрархією згори вниз, але основний потік даних про процес керування та стан системи має напрям від підлеглих до вищих. Таким чином, робота протоколів системи будується на базі запитів і команд, що надходять від верхніх рівнів, та масивів даних від нижніх рівнів, що надсилаються у відповідь на запити. Рівень транзакцій має безпосередній доступ до системного ПЗ, що керує уніфікованими програмними інтерфейсами, застосованими в системі, на базі яких відбувається обмін даними.

Системне ПЗ має доступ безпосередньо до апаратних ресурсів мікроконтролерів та мікропроцесорів підсистем і фактично є набором драйверів пристроїв підсистем усіх рівнів, тобто представляє собою комплекс програмного забезпечення низького рівня. Основним завданням, яке покладено на системне ПЗ, є формування послідовності сигналів керування згідно з командами, що надходять від ПЗ вищих рівнів та відповідно до даних, отриманих за допомогою протоколів передачі. Сигнали керування, сформовані системним ПЗ, з'являються безпосередньо на портах вводу-виводу або на сигнальних лініях інтерфейсів системи.

Окремо необхідно виділити ПЗ алгоритму керування режимом розряду, яке належить до рівня команд і виконує наступні функції: на базі даних, отриманих від підсистем виміру електродинамічних параметрів розряду, та керуючих даних, отриманих від оператора через рівень транзакцій, формується послідовність команд для автоматичного регулювання режиму розряду, що надсилається

виконавчим підсистемам. ПЗ алгоритму керування режимом розряду реалізує оптимальні закони керування відповідно до стану процесу обробки та забезпечує обрані режими роботи комплексу.

Сукупність ПЗ автоматизованого робочого місця дозволяє людині-оператору контролювати технологічний процес та керувати режимами роботи комплексу. Інформація щодо технологічного процесу безперервно надходить до АРМ від підсистем польового рівня через центральну мікропроцесорну систему керування режимом розряду. Диспетчерський рівень інформаційно-керуючого комплексу повинен забезпечувати функції диспетчерського контролю, вводу початкових даних для системи автоматичного керування, налаштування параметрів системи та можливість диспетчера безпосередньо керувати технологічним процесом.

Структурна схема диспетчерського рівня включає: елементи керування та відображення інформації, уніфіковані інтерфейси для підключення системи до ПК. ПЗ диспетчерського рівня реалізовано на апаратній платформі Intel-сумісних персональних комп'ютерів, які найбільш поширені в Україні. На даний час вибрано програмну платформу Windows-XP.

Питання створення уніфікованого програмно-апаратного інтерфейсу зв'язку систем рівня диспетчерського керування та польового рівня зводиться до аналізу найбільш поширених інтерфейсів, що застосовуються на сьогодні в ПК. Оскільки частина інтерфейсів застаріває та з'являються сучасні ПК, що не містять таких інтерфейсів, проектування направлено на використання найбільш перспективних інтерфейсів. Таким умовам зараз відповідає інтерфейс USB, що розповсюджений на всіх ПК.

Розроблено алгоритми моніторингу і диспетчерського керування режимами роботи САР. Питання створення уніфікованого людино-машинного інтерфейсу також зводиться до розгляду найбільш поширених інтерфейсів, що застосовуються тепер в ПК. Тому програмне забезпечення розроблено на мові високого рівня Delphi7 з використанням API-функцій Windows, багатопотоковості і DLL-бібліотек.

Перелік функцій підсистеми диспетчерського рівня включає: зміну/введення початкових даних, налаштування режимів роботи, завантаження даних до системи регулювання режиму розряду та старт системи в роботу, моніторинг параметрів керування.

Для задання траєкторії руху електрода над поверхнею виробу, що обробляється, розроблено програмне забезпечення диспетчерського рівня – автоматизоване робоче місце для операційної системи MS Windows XP (рис. 4). Програма дає змогу завантажити фотографію з розташуванням виливків у технологічному баці, задати траєкторію обходу виливків, точки зупинки горизонтального приводу з відповідними режимами обробки стрижнів і швидкість руху за траєкторією при обробці поверхні. Керування вертикальним приводом відбувається в автоматичному режимі за зворотнім зв'язком по вхідній інформаційній координаті Σ [6].

ПЗ центральної мікропроцесорної системи забезпечує реалізацію алгоритму керування, керування підсистемами оператором в ручному режимі та збір інформації про технологічний процес від підсистем польового рівня. Структура ПЗ ЦМПС додатково має підтримку елементів керування та виводу інформації для реалізації можливості роботи системи в автономному режимі. ПЗ ЦМПС реалізовано на базі мікроконтролера загального призначення з ядром ARM7 AT91SAM7X256 [7], що має в своєму складі уніфіковані інтерфейси, які відповідають інтерфейсам диспетчерського рівня. ПЗ ЦМПС розроблено на алгоритмічній мові C, спеціалізованій для цього типу контролерів за допомогою компілятора WinARM (вільно розповсюджуваний). Було розроблено бібліотеки низькорівневого доступу до пристроїв мікроконтролера та бібліотеки протоколів обміну інформацією.

ПЗ підсистем є суто специфічним згідно з задачами, які вирішує кожна підсистема та згідно з типами мікроконтролерів, що використані в підсистемах, тому для кожної підсистеми було розроблено власне ПЗ. Загальна особливість для всіх програм – можливість трансляції системи команд ЦМПС та підтримка протоколів обміну даними, що запроваджені в системі. Трансляція та виконання команд підсистемою є обов'язковою умовою для вирішення задачі інтеграції в систему. ПЗ для всіх підсистем розроблено за допомогою компілятора WinAVR та протестовано безпосередньо на підсистемах.

Висновок. Використання розробленого інформаційно-керуючого комплексу дозволить підвищити ефективність розрядно-імпульсної технології очищення виливків і покращити її ергономічні показники. Запропоновані авторами архітектурні принципи комплексу та розроблені апаратні і програмні засоби можуть бути використані як основа для побудови інформаційно-керуючих комплексів для різних розрядно-імпульсних технологій.

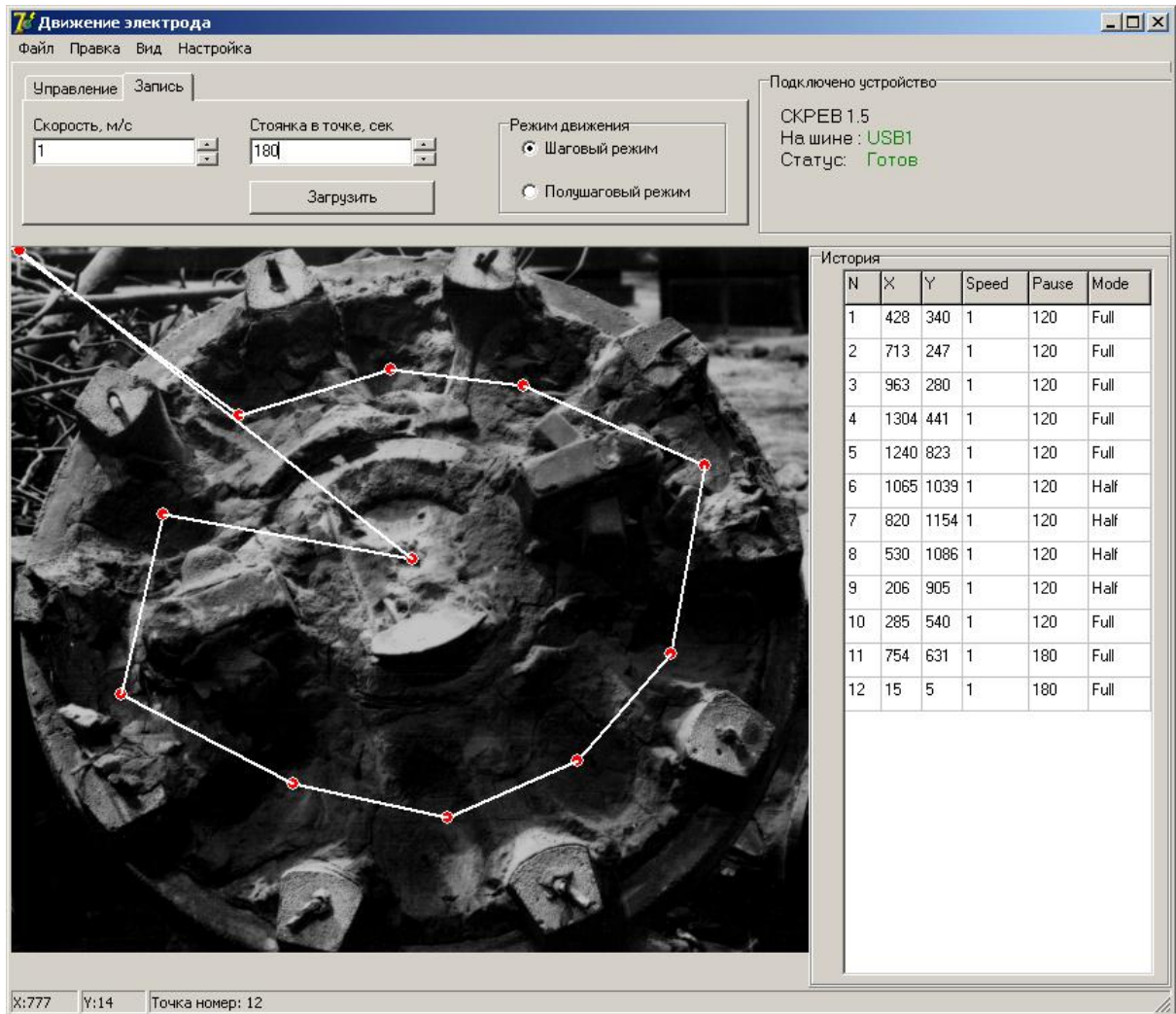


Рис. 4

1. *Вовк И.Т., Друмирецький В.Б., Кривицький Е.В., Овчинникова Л.Е.* Управление электрогидроимпульсными процессами – К.: Наук. думка, 1984. – 186 с.
2. *Вовк И.Т., Овчинникова Л.Е., Эстрин С.В.* Обобщенная модель управления электрогидроимпульсным технологическим процессом // Теория, эксперимент, практика электроразрядных технологий: Сб.науч.тр. – К.: Наук. думка, 1995. – Вып. 2.
3. *Гулый Г.А.* Основы разрядноимпульсных технологий – К.:Наук. думка, 1990. – 208 с.
4. *Назарова Н.С., Овчинникова Л.Е., Винниченко Д.В.* Разработка информационно-управляющего комплекса для разрядно-импульсных технологий // Вісник НТУ "ХП" Тем. вип. „Техніка і електрофізика високих напруг”. – 2006. – № 37. – С. 156–164.
5. *Назарова Н.С., Винниченко Д.В., Диордійчук В.В.* Подсистема управления шаговыми двигателями для технологии электрогидроимпульсной очистки литья // Тр. межд. науч. конф. „Физика импульсных разрядов в конденсированных средах”, Николаев, 17–21 августа, 2009. – Николаев: КП "Миколаївська обласна друкарня", 2009. – С. 179–181.
6. *Назарова Н.С.* Анализ статистической эффективности координат выходного вектора объекта управления // Зб. наук. праць Українського держ. морського техн. у-ту. – 2001. – №1(373). – С. 130–137.
7. *Технічна документація на мікросхеми.* – www.ad.com
8. *Технічна документація на мікросхеми.* – www.st.com
9. *Технічна документація на мікроконтролери.* – www.atmel.com

Надійшла 11.01.10