**Суздаль Віктор Семенович. Синтез відмовостійких автоматизованих систем управління процесами вирощування високоякісних великогабаритних монокристалів : Дис... д-ра наук: 05.13.07 - 2006.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Суздаль В.С.** Синтез вiдмовостійких автоматизованих систем управління процесами вирощування високоякісних великогабаритних монокристалів. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – Автоматизація технологічних процесів. - Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків, 2005.  Дисертація присвячена синтезу стійких до відмов адаптивних систем управління в галузі одержання великогабаритних функціональних монокристалів (ФМК) високої якості. Розроблено метод аперіодичного прогнозного регулювання при управлінні технологічним процесом вирощування ФМК на основі нового рекурсивного алгоритму. Розроблені графові моделі систем управління із процесорними модулями, які самотестуються, що дозволяє на поведінковому рівні організувати умовні діагностичні експерименти для виявлення в системах управління несправних процесорних модулів і інтерфейсних зв'язків між ними. Розроблені й обґрунтовані методи проектування діагностичного забезпечення систем управління на основі концепції сигнатурного моніторингу. Розроблено новий метод управління процесом вирощування монокристалів, заснований на використанні додаткових контурів фонового підживлення розплава і квазібезперервного витягування кристала, показана його ефективність для управління ТП вирощування якісних великогабаритних ФМК.  Практична реалізація розроблених алгоритмів і методів управління в промисловому виробництві великогабаритних сцинтиляційних монокристалів дозволила підвищити якість готової продукції та ефективність виробництва. | |
| |  | | --- | | Підсумком дисертаційної роботи є вирішення важливої науково-практичної проблеми підвищення ефективності виробництва великогабаритних ФМК, конкурентоздатних на світовому ринку, шляхом створення та впровадження АСУ ТП, побудованої на основі нової концепції адаптивного управління, сигнатурного моніторингу і використання убудованих засобів діагностування працездатності БПСУ.  Основні результати і висновки дисертаційної роботи.  1. Аналіз існуючих підходів до побудови АСУ ТП вирощування великогабаритних ФМК показав, що такі особливості процесу кристалізації, як багатомірність і нестаціонарність об'єкту управління, високий рівень виробничих шумів, широкий діапазон якісних характеристик сировини і невизначеність початкових умов, не дозволяють добитися вирощування високоякісних кристалів з використанням традиційних систем управління, заснованих на детермінованих законах управління. Безперервність та тривалість ТП, помилки та збої систем управління ростовими установками призводять до великих матеріальних втрат, визначають необхідність створення високонадійних й відмовостійких АСУ ТП.  2. На основі нової концепції автоматизації ТП вирощування великогабаритніх монокристалів обгрунтовано необхідність розробки БПСУ ростовими установками та розробки методів синтезу адаптивних і відмовостійких систем управління. Створення нового класу БПСУ ростовими установками дозволило підвищити ефективність виробництва конкурентноздатних монокристалів.  3. На основі аналізу задач планування і управління виробництвом високоякісних монокристалів обгрунтовано необхідність дальшого розвитку тривимірних математичних моделей гідродинаміки бінарного розплаву, тепло- і масопереносу в рідкій та твердій фазах. Використання цих моделей дозволило проаналізувати фізичні процеси кристалізації при відсутності осьової симетрії, дослідити поведінку ліній струму розплаву в залежності від температурного поля, швидкості обертання тигля і кристала, розмірів вирощуваного кристала, співвідношення висоти тигля до його ширини, числа Рейнольдса, визначити умови кристалізації для одержання рівномірного розподілу активатора в об'ємі кристала.  4. Запропоновано і формалізовано стохастичну модель процесів кристалізації з зображенням рівнянь Навьє-Стокса, теплопровідності, дифузії у вигляді систем звичайних диференціальних рівнянь з випадковими коефіцієнтами і випадковою правою частиною. Показано, що використання в цій моделі підстановки Кармана, лінеаризації і розділення змінних дозволило здійснити перехід до системи лінійних рівнянь і моделювати процеси кристалізації на основі експериментальних даних по розподілу температур на стінках тигля, поверхні розплаву та у підкристальній області, визначити закони змінення параметрів ТП і діапазони, в яких можливе управління із зворотними зв'язками тепловими умовами вирощування та швидкістю витягування кристала, а також програмно-логічне управління рівнем розплаву, швидкостями обертання кристала та тигля і іншими змінними для вирощування високоякісних великогабаритних монокристалів.  5. Проведено аналіз, вибір і обґрунтування використання прогнозного методу для управління процесом вирощування великогабаритних ФМК. Цей метод, заснований на прогнозуванні збурень за результатами попередніх вимірів, дозволяє підвищити точність і якість управління ТП з неповною апріорною і повною поточною інформацією про основні збурення.  Розроблено метод синтезу аперіодичного прогнозуючого регулятора, для управління контуром стабілізації діаметра кристала, в якому матриці вхідних, вихідних впливів і збурень обчислюються рекурсивно з використанням інформації, отриманої на кожному кроці управління; при цьому рекурсивна формула розрахунків одночасно задовольняє вимогам ідентифікації системи і рівнянню аперіодичного управління з прогнозуванням. В результаті, при управлінні в реальному режимі часу не відбувається затримки між кроком ідентифікації і кроком обчислення управляючого впливу, що дозволяє підвищити якість управління ТП вирощування ФМК.  6. Розроблено новий метод управління процесом вирощування монокристалів, заснований на використанні додаткових контурів фонового підживлення розплаву для стабілізації теплових умов вирощування і квазібезперервного витягування кристала, показана його ефективність для управління ТП вирощування якісних великогабаритних ФМК.  7. Обґрунтовано і розроблено метод синтезу діагностичного забезпечення БПСУ ростовими установками на основі концепції сигнатурного моніторингу з використанням уніфікованих убудованих програмно – апаратних модулів, які забезпечують діагностування АСУ ТП на системному, функціональному та структурно – логічному рівнях.  8. Запропоновано на системному рівні організації тестового діагностування БПСУ використовувати графові діагностичні моделі Препарата – Метца – Чена. Визначено необхідні та достатні умови t/tp-S-діагностуємості системи із n модулів з t несправними, серед яких tр модулів мають перемежовані несправності та S несправних інтерфейсних зв'язків. На підставі цих умов визначено оптимальну t/tp-S-діагностуєму структуру БПСУ, яка має мінімальне число міжмодульних зв'язків та мінімальний час тестування. Вперше запропоновано графоаналітичну ПМЧ-модель системи управління з модулями, які самотестуються, що дозволяє скоротити час технічного обслуговування БПСУ.  9. Розроблено функціональні моделі мікроконтролерних модулів управління з RISC архітектурою шляхом включення в його структуру зовнішньої пам'яті і портів зв'язку з ОУ, що дозволило відобразити взаємозв'язок програмно-апаратних функцій МК у вигляді механізмів обробки, передачі, зберігання і управління. На основі запропонованої функціональної моделі механізму зберігання і передачі даних у вигляді графа регістрових передач розроблено алгоритми синтезу тестів, перевіряючих справність механізмів управління передачею даних та вибірки регістрів, механізмів адресації з резидентної і зовнішньої пам'яті. З використанням Марковської моделі перемежованих несправностей у мікроконтролерних модулях управління розроблено метод розрахунку числа повторень тестових послідовностей на основі апріорних знань величин перехідних імовірностей станів моделі для виявлення найбільш імовірних помилок контролера – оверлейних, кодів операцій та адресації.  10. Розроблено метод функціонального діагностування мікроконтролерних засобів управління із застосуванням діагностичного процесора. Запропоновано структуру ДП, що функціонує паралельно з управляючими МК. В процесі управління ростовими установками діагностичний процесор перевіряє правильність виконання сегментів управляючої програми шляхом порівняння реальних та еталонних синдромів і сигнатур, здійснює відновлення працездатності МК при появі перемежованих несправностей шляхом повторного "прокручування" сегментів програми, що дозволяе підвищити відмовостійкість систем управління.  11. Розроблено методи синтезу уніфікованих модулів сигнатурного моніторингу лічильників-таймерів, генераторів псевдовипадкових і псевдовичерпних тестів та еталонних сигнатур, сигнатурних і синдромних аналізаторів, які спрощують схемну реалізацію убудованих програмно - технічних засобів тестового і функціонального діагностування БПСУ на сучасних логічних інтегральних схемах, що програмуються, типу FPGA і CPLD.  12. Розроблені методи синтезу відмовостійких АСУ ТП вирощування великогабаритних монокристалів на основі концепціі адаптивного і відмовостійкого управління дозволили створити високоефективні системи управління установками "РОСТ" у досвідному виробництві ІСМА НАН України (м. Харків), установками серії "СГВК" Інституту монокристалів НАН України (м. Харків), виробництвом монокристалів тетраборату літія в Інституті фізики НАН України (м. Ужгород). Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес кафедри автоматики і управління в технічних системах Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (м. Харків). | |