



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90606 (13) C2

(51) МПК (2009)

G06F 11/28

G06F 11/26

G06F 11/00

G01R 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД(54) ПРИСТРІЙ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИСТРОЮ РЕГУЛЮВАННЯ РОСТУ
МОНОКРИСТАЛІВ

1

2

(21) а200815228

(22) 29.12.2008

(24) 11.05.2010

(46) 11.05.2010, Бюл. № 9, 2010 р.

(72) СУЗДАЛЬ ВІКТОР СЕМЕНОВИЧ, ДЕРБУНОВИЧ ЛЕОНІД ВІКТОРОВИЧ, ЄПІФАНОВ ЮРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, ТАВРОВСЬКИЙ ІГОР ІГОРОВИЧ, КОЗЬМІН ЮРІЙ СЕМЕНОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НАН УКРАЇНИ

(56) UA а200808602; 01.06.2008

SU 1315981 A1; 07.06.1987

SU 1176336 A; 30.08.1985

WO 2008/149973 A1; 11.12.2008

WO 2007099971 A1; 07.09.2007

JP 2008310736 A; 25.12.2008

JP 3259350 A; 19.11.1991

RU 2141686 C1; 20.11.1999

EP 1019825 B1; 13.02.2002

US 2005/0210329 A1; 22.09.2005

(57) Пристрій функціонального діагностування пристрою регулювання росту монокристалів, виконаний у вигляді діагностичного ядра, що містить зв'язані між собою запам'ятовувальний пристрій і блок управління, першим виходом сполучений через інтерфейсну магістраль із багатопроцесор-

ною системою управління процесом вирощування монокристалів, а також блоки контролю програмних переходів і часу, що містять, відповідно, регістри поточної й контрольної мітки, виходами з'єднані з першою схемою порівняння зазначених регістрів, і лічильник часу й перший регістр еталонних часових сигнатур, виходами підключені до другої схеми порівняння зазначених блоків, при цьому інші виходи блока управління підключені до входів регістра поточної мітки й лічильника часу, інші виходи запам'ятовувального пристрою підключені до входів регістра контрольної мітки й першого регістра еталонних часових сигнатур, а вихід першої схеми порівняння підключений до одного із входів блока управління, який **відрізняється** тим, що в нього додатково введений блок оптимального розміщення контрольних точок, що містить блоки обчислень і другий регістр еталонних часових сигнатур, виходами підключених до третьої схеми порівняння вмісту зазначених блоків, а також логічний елемент АБО-НІ, виходами підключений до входів другої схеми порівняння блока контролю часу й третьої схеми порівняння, а виходом зв'язаний із другим входом блока управління, що одним з входів зв'язаний також і із входом блока обчислень.

Винахід відноситься до області обробки цифрових даних і може знайти застосування, зокрема, при діагностуванні пристроїв управління ростовими установками для вирощування великогабаритних скінтиляційних монокристалів (МК).

Підвищення відмовостійкості багатопроцесорної системи управління (БПСУ) процесом вирощування МК пов'язане з використанням функціональних методів діагностування, що виявляють найбільш імовірний клас несправностей у процесі функціонування управляючої програми. Функціональне діагностування СУ побудовано на основі сигнатурного моніторингу управляючих програм

контролерів. Для реалізації методу сигнатурного моніторингу вирішуються три задачі: розбивка управляючих програм мікроконтролера на сегменти й знаходження оптимального числа контрольних точок (КТ), або точок повернення, програм для виявлення несправностей; обчислення еталонних сигнатур для кожної контрольної точки й визначення мінімального об'єму інформації для повторного "прокручування" програмного сегмента; відновлення працездатності БПСУ. У БПСУ перевірка правильності функціонування мікроконтролерів в окремих режимах і на окремих ділянках виконання управляючих програм здійснюється діагностичним

(13) C2

(11) 90606

(19) UA

ядром. Алгебраїчні інваріанти на цих ділянках - час виконання сегментів програми й коди сегментів.

Процес розміщення КТ управляючої програми для функціонального діагностування [A. Ziv and J. Bruck, "An On-Line Algorithm for Checkpoint Placement," IEEE Transactions on Computers, vol. 46, NO. 9, pp.976-985, Sept. 1997.] БПСУ, підданої збоєм (помилки відбуваються відповідно до розподілу Пуассона з інтенсивністю λ), полягає в розміщенні КТ у пунктах поточного виконання управляючої програми, збереження стану програми кожної КТ в оперативній пам'яті (ОП) процесора управляючого пристрою, повернення програми до останнього збереженого стану (точка повернення - ТП), у випадку виявлення помилки, причому розміщення КТ проводять із урахуванням знання поточної вартості введення КТ на основі спостереження програми за розміром стану, здійснюючи контроль за операціями звільнення й розподілу пам'яті. Отже, розмір стану програми - один з основних коефіцієнтів, які визначають вартість введення КТ, що сприяє оптимальній стратегії їхнього розміщення, а, виходить, зменшує час пошуку несправностей контролерів у процесі їхнього функціонального діагностування (ФД) і відновлення роботи СУ після виявлення помилок управляючої програми.

Однак, досвід промислового використання СУ процесом вирощування МК і аналіз причин відмов у цій системі показує, що найбільший відсоток аварійних зупинок обумовлений не стільки вибором стратегії розміщення КТ (або ТП), скільки виходом за межі максимально припустимого часу \bar{T} виконання управляючої програми, викликаним введенням КТ і обробкою помилок у загальному співвідношенні програмних втрат всієї програми $R = \bar{T}/t - 1$, де t - довжина програми. Крім того, для спрощення стратегії розміщення припускають, що час відновлення після виявлення помилки - нульовий, що помилки виявляються негайно, а їхня інтенсивність λ на всім етапі виконання управляючої програми та сама, що далеко не завжди виконується в реально функціонуючій СУ. Якщо значення випадкової змінної T_i , що залежить від числа й місця розташування помилок, перевищить максимально припустимий час T_i виконання i -го інтервалу або сегмента, включаючи час введення КТ, відбуваються необоротні зміни в роботі управляемого ростового встаткування, які вимагають вживання спеціальних заходів або повної зупинки процесу росту МК. У результаті, процес розміщення КТ приводить до збільшення матеріальних втрат, а, у цілому, до зниження відмовостійкості. Ця обставина стає особливою важливою при вирощуванні великогабаритних МК, коли відновлення працездатності без зупинки технологічного процесу й подальше нормальне функціонування СУ має першочергове значення.

Отже, розробка пристроїв, що дозволяють мінімізувати втрати часу на пошук несправностей контролерів і процедуру відновлення програми управління в процесі функціонування СУ вирощування МК, є актуальною проблемою.

Відомий пристрій діагностування правильності виконання програм [Программируемые контроллеры повышенной надежности для управления автоматическими линиями /И.Н. Миков, Л.В. Дербунович и ин. - Обзор. - М.: НИИ маш. - 1984. - (С-1. Станкостроение). - С.24-28. - мал. 13], що містить діагностичне ядро (ДЯ), що входить до складу програмувального контролера (ПК), пов'язаного із субблоками, що входять у ПК через інтерфейсну магістраль, з'єднану з 8-розрядною шиною даних, 16-розрядною шиною адреси й управляючими сигналами через шинні формувачі даних в адреси, схемою формування відповіді (СФВ). ДЯ також містить блок контролю часу, що включає дільник тактових імпульсів, що включає блок управління, детектор, два лічильники часу, п'ять логічних елементів І, елемент АБО, інвертор, дешифратор, блок контролю програмних переходів, що включає регістри поточної й контрольної мітки, схему порівняння, блок дозволу переходів і логічний елемент АБО, блок тестових програм, що включає ПЗП й елемент управління.

Шинні формувачі даних (ШФД) і адреси (ШФА) ДЯ з'єднані з інтерфейсною магістраллю ПК, до якої підключена схема формування відповіді (СФВ), детектор (по шині даних), регістр поточної мітки (РПМ - по шині адреси). Входи блоку управління з'єднані з виходом детектора й СФВ, а вихід блоку управління через логіку формування помилки - із загальною магістраллю. Лічильники (Сч. Т) і (Сч. Т) блоку контролю часу виконання програм, з'єднані по шині даних із ШФД і регістром контрольної мітки (РКМ), а входи лічильників з'єднані з логічними елементами формування помилки. РПМ, РКМ по адресній шині з'єднані зі схемою порівняння й блоком дозволу переходів, вихід якого з'єднаний з логікою формування помилки.

Програмувальний контролер являє собою спеціалізовану ЕОМ, проблемно-орієнтовану на рішення задач управління роботою комплексу технологічного встаткування, тому ДЯ є складним вузлом, основною функцією якого є програмне забезпечення циклу управління, включаючи програмні засоби для локалізації й вказівки місць несправності електронної частини СУ. Функціональне діагностування (ФД) проводять на інформаційному рівні для визначення помилок даних (перемежована несправність), коду операцій, програмних переходів (за часом виконання), а пошук несправних елементів на логічному рівні (логічний вентиль або схема, перетворювач) - за допомогою тестового діагностування (ТД), з використанням спеціальних тестових програм, записаних на ПЗП й елемента управління.

Недоліками відомого пристрою діагностування для виявлення несправностей і здійснення процесу відновлення працездатності системи є висока вартість (~300 у. о. на системному рівні на одну несправність) розробки й налагодження програмних засобів і низька ефективність, зайва (надлишкова) складність програмування, що робить нецільним його використання для ФД контролерів СУ вирощування МК. Ці ж недоліки властиві відомим пристроям для контролю часу виконання програм

[А. с. СРСР №1176336, G06 F 11/28, А. с. СРСР №1315981, G06 F 11/26].

Відомий пристрій для діагностування пристрою регулювання росту монокристалів [з-ка №a200808602 України від 01.07.2008р., G06F 11/28, C30B 15/20], що містить m-розрядну логічну структуру, кожна декада якої включає чотирирозрядний двійково-десятковий лічильник, перший і другий мультиплексори, елемент АБО-НІ й схему зворотного зв'язку, з'єднаний по шині управління й по інформаційній шині з обчислювальним блоком пристрою для регулювання росту МК. Схема зворотного зв'язку кожної декади пристрою містить логічні елементи І-НІ, ЗІ-НІ й виключає АБО, одним входом з'єднане з лічильником, шина управління містить керуючий вихід Х, з'єднаний зі схемою зворотного зв'язку по перших входах логічних елементів І-НІ. Елемент ЗІ-НІ виходом з'єднаний з іншим входом елемента виключає АБО, а входами - з лічильником і виходом елемента І-НІ, інший вхід якого також з'єднаний з лічильником.

Відомий пристрій, за рахунок розширення функціональних можливостей діагностичного елемента відкриває можливість сполучення в одному діагностичному пристрої наступних функцій:

- багаторозрядного двійково-десятькового лічильника;
- багаторозрядного зсувового регістра;
- генератора псевдовипадкових послідовностей максимальної довжини.

Недоліками відомого пристрою є наявність неминучих обмежень, пов'язаних з переходом від процедури тестового до функціонального діагностування. Причиною цих недоліків є те, що реалізація функціонального діагностування з використанням даного пристрою сполучена з багатьма технічними труднощами, у тому числі з рішенням задачі розміщення КТ, пошуком несправностей контролерів у процесі їх ФД і відновленням роботи СУ після виявлення помилок управляючої програми.

Отже, обмеження при функціональному діагностуванні з використанням відомого діагностичного пристрою приводять до зниження відмовостійкості СУ процесом вирощування МК, що спричиняє збої в процесі росту МК і зниження виходу продукції.

Відомий пристрій функціонального діагностування пристрою регулювання росту монокристалів [Диагностическое обеспечение системы управления процессом выращивания монокристаллов /Дербунович Л.В., Суздаль В.С., Епифанов Ю.М., Тавровский И.И. - Вестник национального технического университета "ХПИ", тем. вып. "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика", 2008. - №30. - С.536-537.]. Пристрій виконаний у вигляді діагностичного ядра (ДЯ), що містить зв'язані між собою запам'ятовувальний пристрій (ЗП) і блок управління (БУ), першим виходом сполучений через інтерфейсну магістраль із багатопроцесорною системою управління процесом вирощування МК. При цьому ДЯ містить також блоки контролю програмних переходів і часу, що містять, відповідно, регістри поточної (РПМ) і контрольної (РКМ) мітки, виходами з'єднані з першою

схемою (Схср1) порівняння зазначених регістрів, і лічильник часу (Счт) і регістр (РЕС) еталонних часових сигнатур, виходами підключені до другої схеми (Схср2) порівняння зазначених блоків. При цьому інші виходи блоку управління БУ підключені до входів регістра РПМ поточної мітки й лічильника Счт часу, інші виходи запам'ятовувального пристрою ЗП підключені до входів регістра РКМ контрольної мітки й регістру РЕС еталонних часових сигнатур, а виходи першої й другої схем порівняння підключені до входів блоку управління.

Недоліками відомого пристрою ФД є:

- низька надійність, обумовлена відсутністю технічних і програмних засобів для забезпечення надмірності при відмовах контролерів СУ, що вимагає введення додаткових засобів контролю й діагностування й негативно впливає на працездатність системи в цілому;
- низька ефективність діагностичного забезпечення при втіленні як деяких функцій, так і процедури ФД контролерів у цілому;
- низьке інформаційне, технічне й програмне забезпечення для пристроїв ФД, які знову створюються або модернізуються;
- велика кількість помилок спрацювань і втрата інформації, у результаті неузгоджених дій контролерів, що входять у СУ;
- складність реалізації процедури виявлення нестійких несправностей перемикаючого типу й збоїв.

Зазначені недоліки відомого пристрою не відповідають вимогам повного або часткового продовження виконання системою заданих функцій при наявності відмов її елементів, що приводить до помилок по управлінню діаметром МК, збільшенню матеріальних втрат, а, у цілому, до зниження відмовостійкості СУ.

Як прототип нами обраний останній з аналогів.

В основу дійсного винаходу поставлена задача створення пристрою функціонального діагностування пристрою регулювання росту МК, що забезпечив би збільшення виходу готової продукції шляхом підвищення відмовостійкості роботи СУ.

Рішення задачі забезпечується тим, що пристрій функціонального діагностування пристрою регулювання росту монокристалів, виконаний у вигляді діагностичного ядра, що містить зв'язані між собою запам'ятовувальний пристрій і блок управління, першим виходом сполучений через інтерфейсну магістраль із багатопроцесорною системою управління процесом вирощування МК, а також блоки контролю програмних переходів і часу, що містять, відповідно, регістри поточної й контрольної мітки, виходами з'єднані з першою схемою порівняння зазначених регістрів, і лічильник часу й перший регістр еталонних часових сигнатур, виходами підключені до другої схеми порівняння зазначених блоків, при цьому інші виходи блоку управління підключені до входів регістра поточної мітки й лічильника часу, інші виходи запам'ятовувального пристрою підключені до входів регістра контрольної мітки й першому регістру еталонних часових сигнатур, а вихід першої схеми порівняння підключений до одного із входів блоку управління, відповідно до винаходу, у нього дода-

тково уведений блок оптимального розміщення контрольних точок, що містить блоки обчислень і другий регістр еталонних часових сигнатур, виходами підключені до третьої схеми порівняння вмісту зазначених блоків, а також логічний елемент АБО-НІ, входами підключений до виходів другої схеми порівняння блоку контролю часу й третьої схеми порівняння, а виходом зв'язаний із другим входом блоку управління, що одним з виходів зв'язаний також і із входом блоку обчислень.

Введення блоку оптимального розміщення контрольних точок (фіг. 1) дозволяє оптимізувати структуру діагностичного ядра, з метою мінімізації періоду виявлення несправностей і збоїв у процесі ФД контролерів, а, саме:

- додатковий (другий) регістр еталонних сигнатур забезпечує можливість контролю часових характеристик функціонування ростового встаткування, з обліком максимально припустимого часу виконання T_d для кожного сегмента управляючої програми роботи БПСУ процесом вирощування МК;

- блок обчислень забезпечує можливість проведення попередніх розрахунків інтервалів управляючої програми для оптимального розміщення контрольних точок у процесі функціонування контролерів, що діагностуються;

- схема порівняння забезпечує виконання умов відновлення працездатності управляючої програми без зупинки процесу росту.

Таким чином, введення додаткових блоків пропонованого пристрою забезпечує можливість виконання умов відновлення працездатності управляючої програми без зупинки процесу росту, що знижує матеріальні втрати й підвищує відмовостійкість СУ.

На фіг. 1 приведена структурна схема діагностичного ядра пристрою функціонального діагностування пристрою регулювання росту МК за заявляемою пропозицією.

На фіг. 2 схематично показана лінійна ділянка управляючої програми пристрою, що заявляється, зі змінюваним інтервалом між контрольними точками.

Пристрій функціонального діагностування пристрою регулювання росту монокристалів (фіг. 1) виконаний у вигляді діагностичного ядра, що містить блок 1 управління, пов'язаний із запам'ятовувальним пристроєм 2, і першим виходом підключений до інтерфейсної магістралі 3, а також блоки контролю програмних переходів 4 і часу 5. Блок 4 містить регістр 6 поточної мітки й регістр 7 контрольної мітки, виходами підключених до першої схеми 8 порівняння вмісту зазначених регістрів, вихід якої підключений до блоку 1 управління, інший вихід якого з'єднаний із входом регістра 6 поточної мітки. Блок 5 містить лічильник 9 часу й перший регістр 10 еталонних часових сигнатур, які виходами з'єднані із другою схемою 11 порівняння вмісту блоків 9 і 10. Два виходи запам'ятовувального пристрою 2 підключені до регістра 7 контрольної мітки й першому регістру 10 еталонних часових сигнатур.

У пристрій додатково уведений блок 12 оптимального розміщення контрольних точок, що міс-

тить блок 13 обчислень і другий регістр 14 еталонних часових сигнатур, виходами підключених до третьої схеми 15 порівняння вмісту блоків 13 і 14, а також логічний елемент 16 АБО - НІ, що виходом з'єднаний із другим входом блоку 1 управління, а входами - з виходами другої 11 і третьої 15 схеми порівняння.

Третій вихід блоку 1 управління підключений до входів лічильника 9 і блоку 13 обчислень, а третій вихід запам'ятовувального пристрою 2 підключений до входу другого регістра 14 еталонних часових сигнатур.

Діагностичне ядро пристрою ФД побудовано на основі матриці програмувальних внутрішніх з'єднань типу ALTERA MAX EPM3 128.

Діагностичне ядро через інтерфейсну магістраль 3 пов'язане із пристроєм відображення інформації й інших контролерів СУ (не показані) двунправленою напівдуплексною лінією передачі даних, обумовленою стандартом RS - 485 (EIA/TIA).

Управляюча програма пристрою, що заявляється, написана мовою Си.

У конкретному прикладі реалізації пристрою всі загальні із прототипом вузли й блоки виконані аналогічними, тому їхній докладний опис не приводиться, хоча вони можуть бути виконані й інакше зі збереженням їхніх основних функцій.

Пристрій функціонального діагностування, що заявляється, сполучений через інтерфейсну магістраль із пристроєм регулювання росту МК на установці "РОСТ", працює в такий спосіб.

У процесі вирощування МК NaI(Tl), діаметр якого становить 420 мм, а висота - 500 мм, якщо виникає потреба здійснюють ФД окремих, вхідних у СУ вирощуванням МК, контролерів і правильності функціонування управляючої програми.

Включають режим "ТЕСТ" у регуляторі діаметра МК (не приведений) і в меню визначають вид діагностування - ФД (тестове діагностування, згідно з. №а200808602 України від 01.07.2008р., G06F 11/28, C30B 15/20 не приведено).

Для зв'язку між блоками пристрою використовують послідовний канал типу RS-485. Візуалізацію результатів діагностування здійснюють за допомогою блоку відображення інформації (не приведений).

Для реалізації функціонального діагностування пристрою регулювання росту МК, відповідно до пропозиції:

Попередньо виділяється в загальній управляючій програмі сегмент для блоку, що діагностується (наприклад, регулятора температури).

На етапі компіляції управляючої програми в оперативній пам'яті процесора регулятора діаметра, для регулятора температури, що перевіряється, визначаються контрольні суми окремих інтервалів сегмента, що є еталонними сигнатурами, а також еталонні значення розрахункового й максимально припустимого часу виконання цього сегмента програми T_n і T_d , які завантажуються в запам'ятовувальний пристрій 2 діагностичного ядра (фіг. 1).

Виконання сегмента починається з перезавантаження вмісту запам'ятовувального пристрою 2 у

блок 13 обчислень (T_n), перший 10 (T_n) і другий регістр 14 еталонних часових сигнатур (T_d) використовуючи блоки контролю часу 5 і 12 оптимального розміщення контрольних точок, а також регістр 7 контрольної мітки блоку 4 контролю програмних переходів.

Правильність переходів і розгалужень програмного сегмента управління регулятором температури в блоці 4 контролю правильності переходів супроводжується перевіркою поточної мітки, шляхом порівняння схемою 8 вмісту регістра 6 поточної мітки із вмістом регістра 7 контрольної мітки. Вихідний сигнал першої схеми 8 порівняння використовується для зміни номера інтервалу програми, що перевіряється, яка здійснюється по команді блоку 1 управління, вихідний сигнал якого подається на регістр 6 поточної мітки.

Одночасно із цим у блоці 5 контролю часу вимірюється час виконання інтервалів програми між контрольними точками лічильником 9 часу, який порівнюється схемою 11 порівняння з еталонними сигнатурами T_{ni} (мітки M_0, M_1, \dots, M_n , фіг. 2) у першому регістрі 10 еталонних часових сигнатур. Вихідний сигнал другої схеми 11 порівняння використовується для зміни номера інтервалу програми, що перевіряється, що здійснюється по команді блоку 1 управління, вихідний сигнал якого подається на лічильник 9 часу й на блок 13 обчислень. При цьому сигнал зі схеми 11 порівняння подається на блок 1 управління по першому входу логічного елемента 16 АБО-НІ, а блок 13 обчислень блоку 12 оптимального розміщення КТ використовується для виміру витраченого часу T_s виконання програми, що перевіряється.

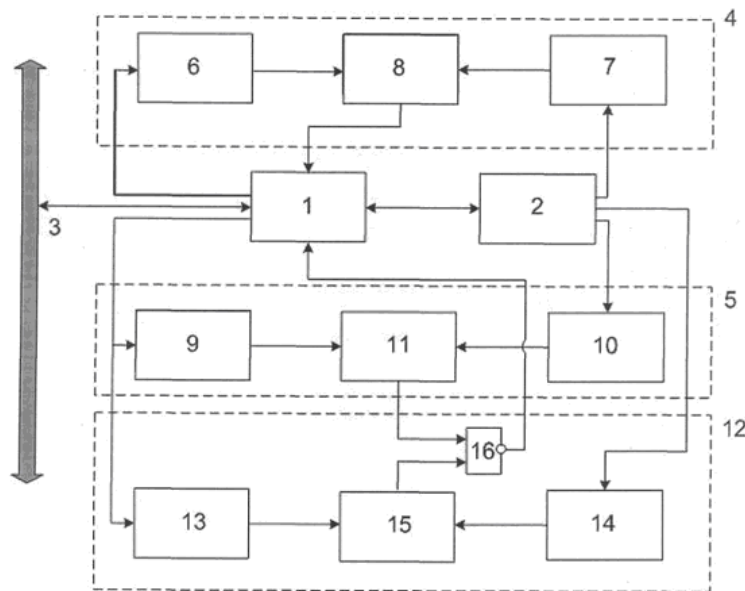
У випадку виникнення програмної помилки, у блоці 13 обчислень блоку 12 оптимального розміщення КТ фіксується значення витраченого відрізка часу (T_s) виконання програми, з урахуванням розміщення КТ (фіг. 2).

Виконуються розрахунки, пов'язані із проходженням частини сегмента програми, що залишилася, з різними інтервалами (k - визначає кількість інтервалів програми до чергової контрольної точки) розміщення КТ, визначається сума ($T_{n-s} + T_s$), що потім подається на третю схему 15 порівняння.

У схемі 15 порівняння здійснюється порівняння величини ($T_{n-s} + T_s$), що надходить із блоку 13 і T_d , що надходить із другого регістра 14 еталонних часових сигнатур, причому з урахуванням перебору параметра $k=2, 3, \dots$ домагаються виконання умови ($T_{n-s} + T_s$) < T_d .

У випадку виконання зазначеної умови, вихідний сигнал схеми 15 порівняння через другий вхід логічного елемента 16 АБО - НІ подається на блок 1 управління, тим самим вибирається в якості наступної КТ точка M_{s+3} (фіг. 2).

Таким чином, винахід, що заявляється, за рахунок оптимального динамічного розміщення КТ в управляючій програмі пристрою регулювання росту МК мінімізує латентний (схований) період виявлення нестійких несправностей перемижованого типу і збоїв, при цьому, після відновлення працездатності програми, до 90 % дослідів не вимагає зупинки процесу росту. Отже, використання запропонованого пристрою дозволяє підвищити відмовостійкість СУ процесом вирощування МК і вихід придатної продукції в цілому.



Фіг. 1



Fig. 2