



Кравченко О. В.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ДИСКРЕТНИХ ПРИСТРОЇВ «ПРОГНОЗ»

Розроблена інтелектуальна підсистема прогнозування надійності роботи дискретних пристроїв. В основу роботи програмного продукту покладено метод прогнозування надійності дискретних пристроїв на основі моделювання процесу деградації комп'ютерних компонентів. Описано алгоритм роботи підсистеми, покроковий механізм оцінки показників вимірювальних приладів та структурна схема інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності Mikrosystem 1.0 «Прогноз».

Ключові слова: надійність, дискретний пристрій, інтелектуальна система прогнозування, структурна схема.

1. Вступ

В час повсякденного застосування комп'ютерів, радіо-приладів, машин на радіоуправлінні та інших механізмів, що містять в собі електронні плати та різноманітні дискретні прилади, постає питання дослідження їх надійності. Зовнішні й внутрішні експлуатаційні фактори постійно впливають на надійність елементів дискретних пристроїв. У матеріалах елементів через вплив експлуатаційних факторів протікають різні фізико-хімічні процеси, що змінюють їхні властивості.

Концентрація проникаючих у матеріали речовин та рівень енергетичних впливів залежать від якості захисту елемента, від впливу зовнішніх і внутрішніх експлуатаційних факторів. Зростання інтенсивності їхнього впливу на елемент збільшує швидкість протікання фізико-хімічних процесів, в результаті чого виникають зворотні й незворотні зміни в матеріалах.

Поняття відмови, тобто порушення роботи дискретного пристрою, є основним поняттям в теорії надійності [1, 2].

Відмова — це не коли прилад не працює, а коли спостерігається не відповідність якоїсь метрологічної характеристики. Пристрій може працювати, але в граничних умовах починаються відмови. Такі відмови технічно вилувати важко, тому питання прогнозування надійності є актуальним.

Оцінювання деградації елементів в неруйнівному контролі — це, в тому числі, оцінювання деградації матеріалів. Деградація матеріалів відбувається не лише як наслідок впливу різного типу енергетичних полів, а й як наслідок впливу взаємодії речовин. Тому дослідження питань, пов'язаних з прогнозуванням «відмов» з врахуванням деградації, є важливим і актуальним.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження в даній роботі є інтелектуальна підсистема прогнозування надійності роботи дискретних

пристроїв «ПРОГНОЗ». Створювана система дозволяє за фізичними характеристиками (сила проходження електричного струму, характеристики матеріалу, з якого виготовлено пристрій, технологічні параметри виготовлення пристрою) виконувати аналіз стану дискретного пристрою та прогнозувати надійність його роботи в часі.

Недоліком створюваної системи можна вважати необхідність налаштування її під дослідження окремого типу дискретного приладу. В подальшому цей недолік буде усунутий за рахунок створення бібліотек параметрів.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є розробка програмного забезпечення для прогнозування «відмов» дискретних пристроїв. Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Сформулювати критерій надійності для методу прогнозування надійності дискретних пристроїв на основі моделювання процесу деградації.
2. Описати алгоритм формування критерію оцінки рівня надійності роботи дискретного пристрою.
3. Побудувати структурну схему інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз».

4. Аналіз літературних даних

Контроль якості мікросхем є необхідною вимогою як в процесі виготовлення, так і в процесі експлуатації. Наведені в роботі [3] параметри вимагають детально досліджувати питання деградації мікросхем у процесі обробки інформації про їх відмови. Тому застосування інформаційних технологій для аналізу стану дискретного пристрою є актуальним [4].

Задачі прогнозування метрологічної надійності вимірювальних засобів виникають з потреб людини отримати певні апріорні знання для оцінки руху вперед. Від точності та достовірності результатів вимірювань значною мірою залежить технічний рівень виробництва, якість промислової та сільськогосподарської продукції, створення безпечних умов праці людини та безаварійного

режиму роботи транспорту, атомних електростанцій, достовірність медичних діагнозів тощо [5].

Дослідження характеристик класифікатора стану виробів з композиційних матеріалів на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії [6] є однією з задач метрології, що застосовує один із засобів штучного інтелекту: нейронні мережі. Нейронні мережі дають додаткові можливості в моделюванні нелінійних явищ і розпізнаванні їхнього хаотичного поведіння. Завдяки своїй гнучкості вони можуть «схопити» самі різні структури у фазовому просторі.

Розробка мобільного багатофункціонального вимірювально-діагностичного комплексу неруйнівного контролю і оцінки технічного стану енергетичних і транспортних агрегатів тривалої експлуатації у роботі [7] дає можливість оцінити масштаби необхідності у створенні «розумного» програмного забезпечення, що буде вирішувати як тестові задачі, так і задачі надійності (відмов).

Вплив міжфазового прошарку на поведінку дискретних пристроїв досліджувався у роботах [8–17]. Надійність приладів силової електроніки (PEDS) є ключовим питанням для забезпечення джерел живлення, особливо з поновлюваних джерел енергії.

Розроблена модель у роботі [14] буде служити в якості недорогого і потужного інструменту для моніторингу PEDs теплових умов, що підтверджується теорією моделювання складних об'єктів та систем та їх комп'ютерного дослідження.

Аналіз впливу температурного режиму експлуатації дискретних пристроїв та впливу електричного струму на підвищення температури розглянуто в статті [15].

5. Матеріали та методи дослідження

Алгоритм прогнозування надійності дискретних пристроїв будемо будувати на основі моделі композитних матеріалів, що відображає поведінку матеріалу дискретного пристрою з врахуванням завершених фізичних процесів в самому матеріалі [8]. Збої в роботі приладу за рахунок неправильного проходження струму в $n-p-n$ -переходах викликатиме відмови в роботі пристроїв та зменшуватиме їх надійність.

Функція надійності дискретних пристроїв $G = f(G_i, p, U, t)$ залежить від значення надійності пристрою G_i наданого виробником, константи надпровідності кристалів пристрою p , функції характеристики матеріалів пристрою U та часу відповіді пристрою на тестове завдання – t . Всі вищезазначені параметри є нечіткими [9].

Теоретичні розрахунки для одержання функціональних залежностей між значеннями надійності пристрою G_i , що надає виробник, константами надпровідності кристалів напою p , характеристиками матеріалів пристрою U наведено у роботі [10].

Значення надійності пристрою G_i надаються виробником з гарантією до 25 років, але за певних умов експлуатації вона не відповідає застосуванням на практиці. Відповідно до цього дискретні пристрої зношуються частіше. Тому питання про дослідження факторів впливу на стан пристроїв є актуальними. Одним з таких факторів є фізичний стан матеріалу дискретного пристрою.

Будемо розглядати фізичну складову, що впливає на процес зношування. Опишемо процес формування фізичних загроз.

У випадку точного зварювання вбудованої компоненти елемента дискретного пристрою та його основи маємо присутність межі компонентів елемента (рис. 1).

В процесі експлуатації будемо пропускати електричний струм через вибраний представницький елемент. Під час проходження електричного струму у невідповідних умовах зовнішнього оточення або суттєвих перевантаженнях струму в матеріалах основи та вбудованої компоненти елемента запускається процес масопереносу елементарних частин.

Під час масопереносу межа компонентів елемента починає розширюватися та набувати комбінованих властивостей. Цю межу будемо називати міжфазовим прошарком (рис. 1).

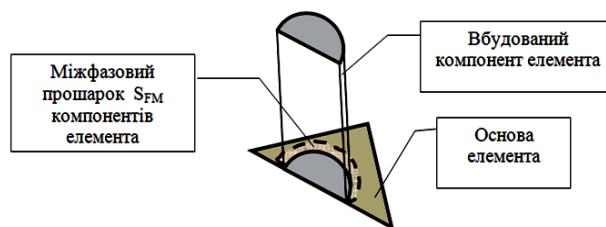


Рис. 1. Умовний переріз елемента дискретного пристрою з врахуванням міжфазового прошарку

Процес масопереносу призводить до утворення матеріалу з новими властивостями, відмінними від властивостей основи, вбудованої компоненти та напою, що з'єднує їх [9]. Даний проміжок характеризується концентрацією матеріалів, що визначає його властивості. Тоді у початковий момент часу t_0 електричний струм, що проходить через дискретний пристрій, запустить процес масопереносу. У деякий момент часу t_n масоперенос буде відповідати рівню надійності G_n .

6. Результати дослідження

6.1. Формування критерію надійності для методу прогнозування надійності дискретних пристроїв. Характеристикою рівня надійності будемо вважати деяку оцінку рівня надійності K . Дана оцінка залежатиме від сили струму I як зовнішнього навантаження та характеристик матеріалу міжфазового прошарку:

1) концентрації матеріалу міжфазового прошарку, що дорівнює пропорційній сумі матеріалів основи та матеріалу включення:

$$C_{FM} = \alpha_M C_M + \alpha_F C_F,$$

де α_F та α_M – відсоткове співвідношення місткості матеріалу F в M ;

2) електропровідності матеріалу міжфазового прошарку γ_{FM} ;

3) напруження електричного поля E матеріалу міжфазового прошарку;

4) товщини міжфазового прошарку S_{FM} .

Для визначення рівня надійності G_i необхідно:

1) розрахувати концентрацію речовини міжфазового прошарку;

2) розрахувати питому електропровідність матеріалу міжфазового прошарку;

3) розрахувати площу поперечного перерізу міжфазового прошарку.

Введемо оцінку рівня надійності K у вигляді правил:

$$\left. \begin{array}{l} C_{FM} \rightarrow 0, \\ \text{Якщо } S_{FM} \rightarrow 0, \\ I \rightarrow \max \end{array} \right\}, \text{ то } K = 1. \quad (1)$$

$$\left. \begin{array}{l} C_{FM} \approx \alpha_F C_F + \alpha_M C_M, \\ 0 \leq \alpha_F, \alpha_M \leq 0,1, \\ \text{Якщо } 0 \leq S_{FM} \leq 0,1, \\ I \rightarrow \text{const} \downarrow \end{array} \right\}, \text{ то } 0,8 \leq K \leq 1. \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} C_{FM} \approx \alpha_F C_F + \alpha_M C_M, \\ 0,1 \leq \alpha_F, \alpha_M \leq 0,2, \\ \text{Якщо } 0,1 \leq S_{FM} \leq 0,2, \\ I \rightarrow \text{const} \downarrow \end{array} \right\}, \text{ то } 0,5 \leq K \leq 0,8. \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} C_{FM} \approx \alpha_F C_F + \alpha_M C_M, \\ 0,2 \leq \alpha_F, \alpha_M \leq 0,3, \\ \text{Якщо } S_{FM} \geq 0,2, \\ I \rightarrow \min \end{array} \right\}, \text{ то } K \leq 0,5. \quad (4)$$

Введемо залежності критерію надійності від значення оцінки критерію надійності (табл. 1). Відмовою роботи дискретного пристрою будемо вважати мінімальну прохідність електричного струму через матеріал дискретного пристрою або повну його відсутність.

Оцінюючи розмірність величини концентрації суміші матеріалу міжфазового прошарку у площині перерізу елемента дискретного пристрою, будемо говорити про лінійну залежність властивостей утвореного матеріалу від його складових.

Вибір значень відсоткового співвідношення α_F і α_M в межах $0 \leq \alpha_F, \alpha_M \leq 0,1$ і $0,1 \leq \alpha_F, \alpha_M \leq 0,2$ і $0,2 \leq \alpha_F, \alpha_M \leq 0,3$ відповідає 10 %, 20 % та 30 %. Вибір такого відсоткового співвідношення обумовлено фізичними умовами існування міжфазового прошарку. Збільшення концентрації розчинності одного матеріалу в іншому приводить до руйнації композитної системи.

Аналогічно було обрано співвідношення для ширини міжфазового прошарку. Розрахунок коефіцієнтів 0,1 та 0,2 відповідає площі міжфазового прошарку для моделей елементів дискретного пристрою у одиницях виміру площі.

Площа міжфазового прошарку є головним параметром для обчислення сили струму, тому будемо говорити про вплив міжфазового прошарку на формування критерію оцінки рівня надійності дискретного пристрою K .

При збільшенні площі міжфазового прошарку отримуємо збільшення концентрації речовини міжфазового прошарку, що суттєво впливає на енергопровідність. Зменшення енергопровідності матеріалу веде до перебіжної роботи дискретного пристрою.

Опишемо алгоритм формування критерію оцінки рівня надійності дискретного пристрою.

Таблиця 1

Залежності критерію надійності від значення оцінки критерію

№	Оцінка критерію надійності K	Критерій надійності
1	$K = 1$	Дискретний пристрій працює надійно
2	$0,8 \leq K \leq 1$	Дискретний пристрій працює в стандартному режимі, але має відхилення від еталонних значень
3	$0,5 \leq K \leq 0,8$	Дискретний пристрій працює з відхиленнями від еталонних значень та частковими відмовами
4	$K \leq 0,5$	Дискретний пристрій працює з постійними відмовами

6.2. Алгоритм формування критерію оцінки рівня надійності роботи дискретного пристрою. За даним алгоритмом на початковому етапі відбувається визначення фізичних характеристик матеріалів основи елемента дискретного пристрою та його включення.

Описаний алгоритм формування оцінки рівня надійності K (рис. 2) дозволяє спрогнозувати роботу дискретного пристрою, маючи шкалу напруження електричного поля, площу міжфазового прошарку та зовнішнє навантаження.

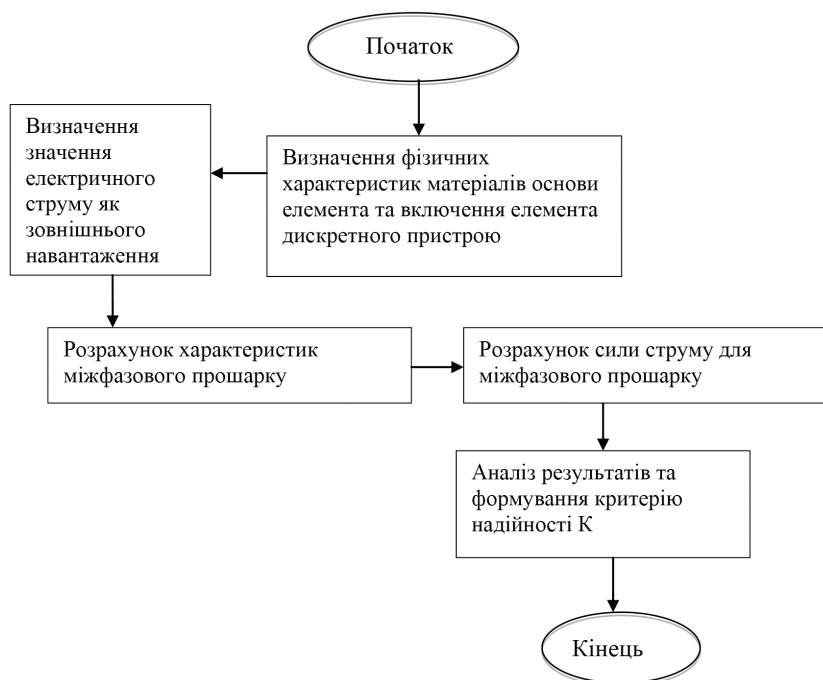


Рис. 2. Алгоритм формування критерію оцінки рівня надійності роботи дискретного пристрою

Прогнозування надійності дискретних пристроїв з врахуванням міжфазового прошарку дозволить без фінансових та часових затрат максимально точно відповісти на питання, чи залежить надійність роботи дискретного пристрою від площі міжфазового прошарку, що утворився при взаємодії двох основних матеріалів елемента дискретного пристрою.

6.3. Структурна схема інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз». Враховуючи попередні викладки, опишемо алгоритм реалізації методу

прогнозування надійності дискретних пристроїв на основі моделювання процесу деградації.

Крок 1. Обрати тип елементу дискретного пристрою. Відповідно до типу елементу дискретного пристрою визначити фізичні характеристики матеріалів складових композитної системи.

Крок 2. Визначити технології виробництва дискретного пристрою. Відповідно до технології виробництва визначити початковий стан міжфазового прошарку та, враховуючи крок 1, отримати еталонні значення роботи дискретного пристрою без врахування міжфазового прошарку.

Крок 3. Вибрати та розрахувати необхідні фізичні характеристики матеріалу для подальшого розрахунку: константа надпровідності кристалів.

Крок 4. Здійснити розрахунок усередненого значення функції характеристики матеріалів пристрою під дією зовнішнього навантаження.

Крок 5. Провести еталонне тестування. На даному етапі проводиться порівняння значень напруження електричного поля з тестовими завданнями.

Крок 6. Провести розрахунки для отримання значень оцінки критерію надійності дискретного пристрою.

Крок 7. Здійснити аналіз коефіцієнтів прогнозування. Якщо еталонне відхилення від отриманих значень не перевищує 7–10 %, то отримані значення критерію надійності мають допустиме відхилення. Якщо еталонне відхилення перевищує значення в 10 %, то необхідно виконати повторне дослідження.

Описаний алгоритм ліг в основу інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності дискретних пристроїв «Прогноз».

Інтелектуальна підсистема прогнозування надійності реалізована у відповідності з основними вимогами до систем підтримки ухвалення рішень.

Система реалізована в середовищі Delphi 7.0 з додатковим підключенням баз даних в Excel і має наступну модульну структуру (рис. 3).

Інтелектуальна підсистема прогнозування надійності містить 4 основних модулі: модуль формування графіків; модуль розрахунку функції надійності; модуль «Аналіз даних виробника»; модуль «База даних» та 2 додаткових: модуль автоматичного під'єднання бази даних та модуль формування інтерфейсу користувача. Опишемо роботу окремих модулів підсистеми.

Модуль «База даних» містить банк даних основних характеристик мікросхем: номінальна напруга живлення, струм навантаження, робоча частота, відношення сигнал-шум, максимальний вхідний опір, допустимий діапазон температур; характеристики надійності мікросхем: значення надійності мікросхем від виробника, константа надпровідності кристалів мікросхеми, функція характеристики матеріалів мікросхеми, що наповнюється за певний період часу, а також правил оцінки показників визначення надійності мікросхеми.

Модуль розрахунку функції надійності для своєї роботи використовує значення надійності пристрою G_i надане виробником, константи надпровідності кристалів

пристрою p , значеннях функції характеристики матеріалів пристрою U , що отримані в додатковому модулі розрахунку функції напруження матеріалу, та показники часу відповіді пристрою на тестове завдання — t .

В процесі тестування елементів дискретних пристроїв отримуємо набір значень функції надійності.

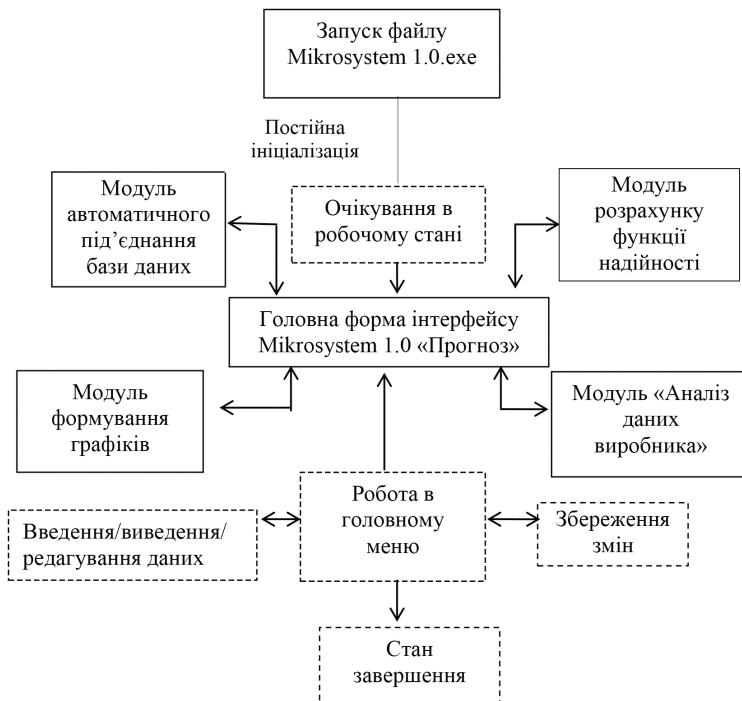


Рис. 3. Структурна схема інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності Mikrosystem 1.0 «Прогноз»

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Інтелектуальна підсистема прогнозування надійності «Прогноз» попередньо оцінює фізичні характеристики матеріалу дискретного пристрою та прогнозування його відповідності еталонним значенням наданим виробником. Інтелектуальна підсистема прогнозування надійності реалізована у відповідності з основними вимогами до систем підтримки ухвалення рішень:

- 1) функціональність (functionality) — система застосовує моделі та методи розрахунку складових функцій надійності на основі алгоритмів отримання числових значень та критерію оцінювання;
- 2) надійність (reability) — система працює в автономному режимі;
- 3) зручність (usability) — система зручна у використанні на практиці за рахунок зрозумілого інтерфейсу;
- 4) ефективність (efficiency) — система працює ефективно, підвищуючи процес обслуговування та зменшуючи простой і фінансові затрати;
- 5) супровід (maintainability) — супровід системи виконується автором;
- 6) мобільність (portability) — система мобільна за рахунок обраного середовища реалізації.

Верифікацію результатів роботи інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз» на основі методу прогнозування фізичного стану дискретних пристроїв проводили для оцінки працездатності електронного блоку управління системою автомобіля.

Тестування проводили для дискретного пристрою загальною площею 130 мм², з яких 95 % займає кремнієва основа, 3 % латунь, 1 % золото, 1 % нікель. Розрахунки ведемо з врахуванням часток площ матеріалів. Точність розрахунків значення надійності за результатами використання методу прогнозування надійності дискретних пристроїв на основі моделювання процесу деградації комп'ютерних компонентів становить 7 %.

На діагностику апаратними засобами працівники технічного цеху витратили на 5 % більше часу в порівнянні з часом застосування інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз».

Отже, інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз» є ефективним як для економії часу, так і для економії коштів на апаратне забезпечення.

Недоліком інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз» можна вважати попередній етап завантаження еталонних даних наданих виробником в базу знань та необхідність використання виміральної техніки фізичних параметрів дискретного пристрою.

Оптимізація надійності і енергоспоживання в системі на чіпі та подальше удосконалення технологій виготовлення дискретних пристроїв в подальшому буде зменшувати ефективність роботи інтелектуальної підсистеми на етапі експлуатації готової продукції, що є певною загрозою для її використання. Подальше використання інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз» можливе на етапі виготовлення та перевірки відповідності дискретного пристрою до апріорних вимог.

8. Висновки

1. Сформовано критерій надійності роботи дискретного пристрою у вигляді набору правил у форматі «Якщо..., то ...» та наведено залежності критерію надійності від оціночних значень у відповідності до методу прогнозування надійності дискретних пристроїв на основі моделювання процесу деградації. Сформований критерій дозволяє побудувати оціночні графіки ймовірності прогнозування надійності роботи пристрою.

2. Описано алгоритм формування критерію оцінки рівня надійності роботи дискретного пристрою, що дозволяє спрогнозувати роботу дискретного пристрою, маючи шкалу напруження електричного поля, площу міжфазового прошарку (рис. 1) та зовнішнє навантаження. При оцінці надійності в процесі експлуатації дискретних пристроїв враховується герметизація складових матеріалу дискретного пристрою та температурного режиму роботи. Під внутрішніми контактами з'єднань напівпровідникових мікросхем розуміємо з'єднання між дифузійним шаром і металізаціями, що наносяться на поверхню основи. В мікросхемі внутрішні з'єднання утворюються з тонких окисних зон та міжз'єднань, що виконуються через вікна в шарі діелектриків. На основі алгоритму створена база правил інтелектуальної підсистеми прогнозування.

3. Побудовано та описано структурну схему інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності «Прогноз». Програмна реалізація інтелектуальної підсистеми прогнозування надійності дискретних пристроїв дозволила запровадити метод прогнозування технічного стану дискретного пристрою на основі використання запропонованої моделі шляхом врахування фізичних властивостей композитних матеріалів.

Побудова алгоритмічного та програмного забезпечення для оцінки надійності та прогнозування технічного стану засобів обчислювальної техніки дало можливість спрогнозувати поведінку дискретних пристроїв на основі фізичних даних: перевірка стану мікросхем блоку управління OKI MSM66201 (M66201), OBD0 для товщин міжфазового прошарку від 0,1 до 0,3 та отримано графіки функції надійності G при зовнішньому навантаженні 2 мА. Точність розрахунків значення надійності за результатами використання інтелектуальної системи складає 0,038 або 7 %.

Література

1. Крипьякевич, П. И. Структурные типы интерметаллических соединений [Текст] / П. И. Крипьякевич. — М.: Наука, 1977. — 290 с.
2. Тареев, Б. М. Физика диэлектрических материалов [Текст] / Б. М. Тареев. — М.: Энергия, 1982. — 320 с.
3. Капур, К. Надежность и проектирование систем [Текст] / К. Капур, Л. Ламберсон; пер. с англ. Е. Г. Коваленко; под ред. И. А. Ушакова. — М.: Мир, 1980. — 604 с.
4. Готра, З. Ю. Контроль качества и надежность микросхем [Текст]: учеб. пособие / З. Ю. Готра, И. М. Николаев. — М.: Радио и связь, 1978. — 168 с.
5. Куц, Ю. В. Задачі прогнозування метрологічної надійності вимірвальних засобів [Текст] / Ю. В. Куц, Є. А. Реуцький, Л. М. Щербак // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетичній надійності вимірвальних засобів ім. Г. С. Пухова НАНУ. — 2011. — Вип. 61. — С. 53–59.
6. Eremenko, V. S. Software of Information-Measurement System for Standardless Diagnostic of Composite Materials [Text] / V. S. Eremenko, A. V. Pereidenko // International Journal of Software Engineering. — 2012. — Vol. 2, № 3. — P. 65–76. doi:10.5923/j.se.20120203.04
7. Шульженко, М. Г. Розробка мобільного багатофункціонального вимірально-діагностичного комплексу неруйнівного контролю і оцінки технічного стану енергетичних і транспортних агрегатів тривалої експлуатації [Текст] / М. Г. Шульженко, Ю. Г. Єфремов, В. Й. Цибулько, О. В. Денарма // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2016. — № 1. — С. 32–38.
8. Kravchenko, O. Research the causes of degradation of the material discrete devices to ensure their reliable [Text] / O. Kravchenko // Proceedings of the International Conference «Computational Intelligence (Results, Problems and Perspectives)», May 12-15, 2015, Kyiv-Cherkasy, Ukraine. — Cherkasy, 2015. — P. 283–284. ISBN 978-966-493-975-8.
9. Кравченко, О. В. Прогнозування надійності дискретних пристроїв на основі моделювання процесу деградації матеріалу [Текст] / О. В. Кравченко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 1/2 (21). — С. 57–60. doi:10.15587/2312-8372.2015.37697
10. Кравченко, О. В. Моделювання процесу деградації комп'ютерних компонентів дискретних пристроїв [Текст] / О. В. Кравченко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 5/2 (25). — С. 23–26. doi:10.15587/2312-8372.2015.51795
11. Lee, H. Interfacial electronic structure for high performance organic devices [Text] / H. Lee, S. W. Cho, Y. Yi // Current Applied Physics. — 2016. — Vol. 16, № 12. — P. 1533–1549. doi:10.1016/j.cap.2016.09.009
12. Natali, M. Science and technology of polymeric ablative materials for thermal protection systems and propulsion devices: A review [Text] / M. Natali, J. M. Kenny, L. Torre // Progress in Materials Science. — 2016. — Vol. 84. — P. 192–275. doi:10.1016/j.pmatsci.2016.08.003
13. Li, S. Flame aerosol synthesis of nanostructured materials and functional devices: Processing, modeling, and diagnostics [Text] / S. Li, Y. Ren, P. Biswas, S. D. Tse // Progress in Energy and Combustion Science. — 2016. — Vol. 55. — P. 1–59. doi:10.1016/j.peccs.2016.04.002
14. Kheradmand, R. The switching of dark and bright soliton in 1D discrete cavity laser [Text] / R. Kheradmand, K. M. Aghdami, K. Talouneh // Chaos, Solitons & Fractals. — 2016. — Vol. 91. — P. 511–515. doi:10.1016/j.chaos.2016.07.005

15. Feuillet, V. The Discrete Boundary Resistance method for thermal analysis of solid-state circuits and devices [Text] / V. Feuillet, Y. Scudeller, Y. Jarny // International Journal of Thermal Sciences. — 2009. — Vol. 48, № 2. — P. 372–382. doi:10.1016/j.chaos.2016.07.005
16. Dumas, J. M. Long Term Degradation of GaAs Power MESFET's Induced by Surface Effects [Text] / J. M. Dumas, J. Paugam, C. LeMouellic, J. Y. Boulaire // 21st International Reliability Physics Symposium, Phoenix, Arizona, April 5-7, 1983. — New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 1983. — P. 226–228.
17. Baliga, B. J. Breakdown stability of gold, aluminum, and tungsten Schottky barriers on gallium arsenide [Text] / B. J. Baliga, R. Ehle, A. Sears, P. Campbell, W. Garwacki, W. Katz // IEEE Electron Device Letters. — 1982. — Vol. 3, № 7. — P. 177–179. doi:10.1109/edl.1982.25528

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ «ПРОГНОЗ»

Разработана интеллектуальная подсистема прогнозирования надежности работы дискретных устройств. В основу работы

программного продукта положен метод прогнозирования надежности дискретных устройств на основе моделирования процесса деградации компьютерных компонентов. Описан алгоритм работы подсистемы, пошаговый механизм оценки показателей измерительных приборов и структурная схема интеллектуальной системы прогнозирования надежности Mikrosystem 1.0 «Прогноз».

Ключевые слова: надежность, дискретное устройство, интеллектуальная система прогнозирования, структурная схема.

Кравченко Ольга Віталіївна, старший викладач, кафедра інформаційних технологій проектування, Черкаський державний технологічний університет, Україна, e-mail: kravchenko_ov@ukr.net.

Кравченко Ольга Віталіївна, старший преподаватель, кафедра информационных технологий проектирования, Черкасский государственный технологический университет, Украина.

Kravchenko Olga, Cherkasy State Technological University, Ukraine, e-mail: kravchenko_ov@ukr.net

УДК 004.725

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.80784

Журавська І. М.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОГО БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ У КІБЕР-ФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ З РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Досліджено процес передачі даних у кібер-фізичній системі (CFS) з рухомими об'єктами. Визначена залежність швидкості передачі даних між зазначеними об'єктами від відстані між ними за наявності електромагнітних перешкод. Доведено, що можливо забезпечити стабільну швидкість передачі даних за стандартом 802.11 за рахунок зменшення асиметрії каналу зв'язку між кібер-фізичними об'єктами (CFO), на борту яких знаходяться комп'ютерні компоненти — Wi-Fi модулі зв'язку.

Ключові слова: рухомі об'єкти, стабільність бездротового зв'язку, кібер-фізичні об'єкти, комп'ютерні компоненти, Wi-Fi модулі зв'язку.

1. Вступ

Останнім часом поширюється застосування кібер-фізичних систем (CFS) для реалізації різноманітних людських потреб. Найбільш вживаним для комунікації є стандарт 802.11b/g/n (Wi-Fi). Але актуальна проблема забезпечення стабільності зв'язку (тобто його безперервності у часі та постійної швидкості зі зміною відстані) або між рухомими об'єктами CFS, або між рухомим та стаціонарним наземним об'єктами CFS [1].

Найбільш актуальними є дослідження передачі даних між рухомими та рухомими/нерухомими об'єктами у міських умовах як у таких, що насичені різними перешкодами, особливо електромагнітними (трансформатори ліній електропередачі, лінії електропередачі міського електротранспорту — трамваї, тролейбуси, поїзди метро та ін.).

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження — процес передачі даних у CFS, яка утворена за Mesh-топологією, складається з ру-

хомих об'єктів, що з'єднані бездротовими каналами зв'язку, та передбачає неперіодичні зміни з'єднань між різними парами кібер-фізичних об'єктів (CFO). Такими парами у зазначеній швидкодинамічній CFS можуть бути будь-які комбінації з рухомих компонентів (модулів Wi-Fi зв'язку безпілотних апаратів та/або мобільних пристроїв), обладнання стаціонарних наземних операторів CFS, проміжних точок доступу (AP) між сегментами рухомої комп'ютерної мережі. Тому предметом дослідження є комп'ютерні компоненти CFO, сукупність технічних характеристик котрих забезпечить життєздатність такої топології CFS, що склалась під час руху об'єктів сенсорної мережі, в першу чергу, безпілотних CFO (UMV), характеристики яких не можуть бути налагоджені вручну.

Для UMV сигнал потужності передавача стандартних пристроїв Wi-Fi (не більше 20 dBm/100 mW) забезпечує відстань активності обладнання до 200 м без додаткового підсилення. Але часто рівень сигналу від Wi-Fi модуля відправника недостатньо сильний (знижується за причини перешкод), тому на лінії зв'язку між CFO можуть виникати обриви зв'язку.