

УДК 621.3.019

В.В. Вишнівський<sup>1</sup>, В.В. Кузавков<sup>2</sup>, В.В. Василенко<sup>1</sup><sup>1</sup>Державний університет телекомунікацій, Київ<sup>2</sup>Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ, Київ

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРСОВАНИХ ВИПРОБУВАНЬ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЗМІНИ ДІАГНОСТИЧНОГО ПАРАМЕТРА ВІД ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ РЕК

У статті розглядаються методи форсованих випробувань напівпровідникових РЕК. Необхідність проведення форсованих випробувань пов'язана з необхідністю визначення динаміки зміни діагностичного параметру для безконтактного індукційного методу визначення технічного стану радіоелектронних блоків. Проведений аналіз дозволів обрати метод прискорених випробувань при якому із певною вірогідністю за відносно короткий час випробувань є можливість оцінити зміну ДП для напівпровідникових РЕК, через взаємозв'язок механізмів відмов з періодом часу їхнього прояву.

**Ключові слова:** форсовані випробування, безконтактний індукційний метод, діагностичний параметр.

### Вступ

Найбільш достовірні дані про роботу радіоелектронних компонентів (РЕК) можуть бути отримані при проведенні натурних випробувань. Існуючі РЕК мають час наробітку на відмову  $T(t)$  ( $10^7$ — $10^8$ г). Тому час випробування існуючих РЕК може досягати тисяч годин [1]. Одним з ефективних способів скорочень тривалості випробувань є прискорені випробування, при яких застосовуються форсовані режими. Метод прискорених випробувань - сукупність правил застосування принципів прискорених випробувань. В основу прискорених випробувань покладені певні принципи їхнього здійснення - сукупність теоретично та експериментально обґрунтованих закономірностей та допущень, на використанні яких засноване проведення випробувань зі скороченням їхньої тривалості [2].

### Основна частина

Прискорені випробування розділяються на скорочені - проведені по скороченій програмі без інтенсифікації процесів, що викликають відмови або ушкодження та форсовані - засновані на інтенсифікації процесів, що викликають відмови або ушкодження.

Основна вимога до прискорених випробувань, це ідентичність процесів старіння та зношування по відношенню, до звичайних умов експлуатації.

Метою випробувань є знаходження функціональної залежності діагностичного параметру від часу напрацювання, при максимально можливому (з погляду збереження адекватності фізики процесів старіння) коефіцієнті прискорення.

Основні методи прискорених випробувань представлені на рис. 1 [3]. Перший метод, прискорених випробувань, полягає в форсуванні режимів випробувань, еквівалентній такій зміні параметрів експлуатації, при якому збільшується швидкість протікання процесів зношування.

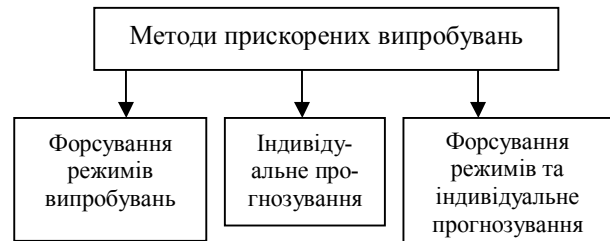


Рис. 1. Основні методи прискорених випробувань

Форсований фактор - фактор зовнішніх впливів, зміна параметрів якого, в порівнянні з режимом нормальної експлуатації, веде до інтенсифікації процесів, що приводять до відмови або ушкодження.

Для збільшення швидкостей природного старіння використовують: зміну параметрів зовнішніх умов - температури, тиску, вологості і т.п.; зміну електричних параметрів - напруги живлення (U), опору навантаження (Rn), частоти роботи РЕК (Fc).

Граничні значення підвищуються до величин, при яких ще зберігається нормальна робота.

Достоїнствами методу є:

- можливість одержання значного коефіцієнту прискорення ( $K_{\text{п}} = 10^4 \div 10^6$ );

- можливість числової оцінки кореляції між значеннями діагностичного параметру (ДП) для безконтактного індукційного методу діагностування [5] та параметрами швидкості протікання процесів рекомбінації носіїв напівпровідникового РЕК;

- можливість кількісних оцінок основних характеристик надійності РЕК що випробують (ресурс, час наробітку на відмову, масштабуючи коефіцієнти і т.д.).

Недоліком подібного методу випробувань є:

- можливість непередбаченої зміни фізико-хімічних процесів старіння;

- зменшення чисельності вибірки РЕК з часом випробувань в наслідок їх відмови під дією зовнішніх форсованих факторів.

Другий метод, заснований на часовій оцінці поведінки діагностичного параметру. Цей метод прискорених випробувань передбачає припинення випробувань до настання відмови. На основі методів індивідуального прогнозування тенденцій розвитку процесів старіння визначається час відмови  $t_{\text{від}}$ .

Сутність методу полягає в ідентифікації параметрів тренда, що характеризує зміну поточного значення параметру  $Y(t)$  у часі, з наступним прогнозуванням моменту часу  $t_{\text{від}}$ , що відповідає виходу тренду за галузь припустимих значень  $G_{\text{пр}}$ .

Достоїнством методу є можливість встановлення не тільки значення  $t_{\text{від}}$ , але і його довірчого інтервалу.

Основними недоліками даного методу є:

- апріорна невідомість виду трендів;
- труднощі визначення шуканих параметрів надійності;
- малі значення коефіцієнтів прискорення ( $K_{\text{п}} = 2 \div 3,5$ ).

Третій метод прискорених випробувань полягає в спільному застосуванні першого та другого методів.

Достоїнствами третього методу є:

- можливість одержання значного коефіцієнта прискорення ( $K_{\text{п}} = 10^4 \div 10^6$ ), що дозволяє за кінцевий час випробувань ( $T_{\text{в}}$ ) одержати залежність ДП для всього періоду функціонування сучасного РЕК;
- можливість встановлення не тільки значення часу відмови  $t_{\text{від}}$ , але і його довірчого інтервалу;
- практична можливість числової оцінки кореляції між значеннями ДП та параметрами швидкості протікання процесів рекомбінації носіїв напівпровідникового РЕК.

Таким чином, на основі аналізу існуючих методів прискорених випробувань, зроблений висновок - для прискорених випробувань цифрових блоків на основі сучасних РЕК необхідно застосовувати комбінований метод "форсування режимів з індивідуальним прогнозуванням". Основні методи форсування режимів представлені на рис. 2 [4].



Рис. 2. Основні методи форсування режимів

1. Збільшення режимів роботи виробу відбувається в першу чергу за рахунок підвищення діючих навантажень, температур, додавання агресивних реагентів і так далі. Ступінь збільшення режиму повинна вибиратися таким чином, щоб вид і характер старіння елемента при нормальній експлуатації та при форсованому випробуванні був ідентичним.

Для визначення коефіцієнта прискорення потрібно знати фізико-математичний опис закономірності старіння РЕК від даного параметру (швидкість, температура і так далі). Коефіцієнт прискорення є відношення часу випробувань у звичайних умовах ( $t_{\text{зв}}$ ) по відношенню до часу випробування у форсованих режимах ( $t_{\text{ф}}$ ) за умови рівності значень вірогідності (ймовірностей) безвідмовної роботи в обох випадках.

$$K_y = t_{\text{зв}}/t_{\text{ф}}, \quad (1)$$

де  $t_{\text{зв}}$  – параметр у режимі нормальних умов роботи РЕК;  $t_{\text{ф}}$  – параметр в умовах прискорених випробувань.

2. У другому методі створюються такі умови, коли виріб працює більш інтенсивно за рахунок скорочення холостих ходів і простоїв. Це дозволяє форсувати випробування та прискорити одержання результатів. Тому при плануванні випробувань необхідно прагнути до мінімального значення часу холостих ходів та простоїв.

У цьому випадку:

$$K_y = (T_p + T_{x \text{ min}})/T_p, \quad (2)$$

де  $T_p$  – час безперервної роботи виробу,  $T_x$  – час холостого ходу або простою.

3. У методі збільшення точності виміру параметрів, коли у виробі мають місце поступові відмови та швидкість старіння РЕК відома, не обов'язково доводити процес випробування до граничного стану. Можна короткостроковим досвідом визначити швидкість старіння, а потім проводити відповідні розрахунки.

Для цієї мети необхідно підвищити точність виміру параметрів старіння, щоб зберегти умову, при якому гранична погрішність методу виміру була набагато меншою за граничне значення величини що вимірюються.

Коефіцієнт прискорення в цьому випадку:

$$K_y = \delta/\delta_y, \quad (3)$$

де  $\delta$  – дійсний допуск,  $\delta_y$  – умовний допуск.

4. Використання методу сполучених розподілів дозволяє одержати скорочення часу випробувань, якщо встановлено зв'язок між необхідними показниками надійності та тих параметрів пристрою, які визначають ці показники.

5. Метод форсування моделюванням полягає в моделюванні роботи яке здійснюється на фізичних моделях, що копіюють роботу РЕК, або на обчислю-

вальних машинах, коли є можливість дати математичний опис процесу старіння, включаючи граничні та початкові умови.

6. Якщо, на підставі експериментальних досліджень, розкрита фізика явища старіння елемента, то час випробувань може бути скорочено до мінімуму. Цей метод вимагає складних попередніх досліджень встановлення границь застосування отриманих закономірностей, оцінки умов та фактичної величини фізичних параметрів і так далі.

Важливо також мати на увазі, що при форсованих випробуваннях існує певна межа, за яких набувають чинності фактори, відсутні в реальних умовах експлуатації. Через вплив цих факторів дані, отримані при форсованих випробуваннях, можуть виявитися спотвореними або помилковими.

При наявності принципової та технічної можливості форсування того або іншого фактора зовнішніх впливів в обов'язковому порядку повинно оцінити припустиму межу його форсування, встановлену з урахуванням збереження якісної картини фізико-хімічних процесів, що визначають накоплення ушкоджень та настання відмови в умовах експлуатації.

Провівши аналіз методів форсованих випробувань, було встановлено, що для РЕК цифрових блоків доцільно застосовувати форсований метод "збільшення режимів роботи виробу", що дозволяє виявити відмови ІС пов'язані з фізико-хімічними процесами та конструктивно-технологічними факторами такими як: помилки літографії, дефекти окисла, металізації, контактів; короткі замикання або обриви в провідних шинах а також між полікремнієм і металом і т.д.

## Висновки

Здійснено аналіз методів форсованих випробувань для отримання залежності зміни діагностичного параметра від часу напрацювання цифрових РЕК.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРСИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ОТ ВРЕМЕНИ НАРАБОТКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ РЭК

В.В. Вишнеvский, В.В. Кузавков, В.В. Василенко

*В статье рассматриваются методы форсированных испытаний полупроводниковых РЭК. Необходимость проведения форсированных испытаний связана с необходимостью определения динамики изменения диагностического параметра для бесконтактного индукционного метода определения технического состояния радиоэлектронных блоков. Проведенный анализ разрешил выбрать метод ускоренных испытаний при котором с определенной вероятностью за относительно короткое время испытаний есть возможность оценить изменение ГП для полупроводниковых РЭК, через взаимосвязь механизмов отказов с периодом времени их проявления.*

**Ключевые слова:** форсированные испытания, бесконтактный индукционный метод, диагностический параметр.

## ANALYSIS METHODS OF FORCED TESTING FOR DEPENDENCE OF CHANGES IN DIAGNOSTIC PARAMETERS FROM TIME RUNTIME SEMICONDUCTOR REC

V.V. Vyshnivsky, V.V. Kuzavkov, V.V. Vasilenko

*The article examines methods forced testing semiconductor Rec. The need for forced tests is the need to determine the dynamics of the diagnostic parameter for contactless inductive method for determining the technical state of radio electronic units. The analysis will select the method of accelerated tests in which a certain probability in a relatively short time trials is an opportunity to assess change in GP for semiconductor REC through interconnection mechanisms bounce with a period of their manifestation.*

**Keywords:** the forced test, contactless inductive method, the diagnostic parameter.

Для розкриття даної теми розглянуто основні методи прискорених випробувань та основні методи форсування режимів напівпровідникових РЕК. Провівши аналіз вищезазначених методів, було встановлено, що для отримання залежності зміни ДП від часу напрацювання напівпровідникових РЕК доцільно застосовувати форсований метод "збільшення режимів роботи виробу".

Прискорені випробування дозволяють із певною вірогідністю за відносно короткий час випробувань оцінити зміну ДП та довговічність напівпровідникових РЕК, що виражається сотнями тисяч років, тобто дозволяють вивчити період "старіння" РЕК через взаємозв'язок механізмів відмов із періодом часу їхнього прояву.

## Список літератури

1. Кокс Д.Р., Оукс Д. Анализ данных типа времени жизни / Пер. с англ. О.В. Селезнёва. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 191с.
2. В. Л. Игнатов, Г. Г. Маньшин Проблемы и возможности создания теории ускоренных испытаний. Ускоренные испытания на надежность технических систем. Первая всесоюзная конференция по методам ускоренных испытаний. Москва 1974г Изд. стандартов.
3. Кострикина И. А., Галкина Е. Н. Способ оценки метрологической надежности средств измерений по результатам ускоренных испытаний. Восточное партнерство - 2013: Материалы IX Международной НПК. Том 33 – Прага. Чехия: , 2013, С. 68 – 75
4. Г.Д. Карташов, Л.Г. Ветров, В.И. Тимонин и др. Основные принципы и методы ускоренных испытаний на надежность радиоэлектронной аппаратуры военного назначения./ - М.: Минобороны СССР, 1987. - 261с.;
5. Вишнівський В.В., Жердев М.К., Креденцер Б.П., Кузавков В.В., Редзюк Є.В. Безконтактний індукційний метод діагностування радіоелектронних блоків // Збірник наукових праць. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. №43. – 336 с.

Поступила в редакцію 11.12.2014

**Рецензент:** д.т.н., проф. Толюпа С.В., Державний Університет Телекомунікацій, Київ.