

УДК 381.3

О.В. ПАЛАГІН, В.О. РОМАНОВ, І.Б. ГАЛЕЛЮКА

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРИ ВІРТУАЛЬНОМУ ПРОЕКТУВАННІ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЇВ

Поряд з натурним проектуванням досить часто в теперішній час використовують віртуальні методи проектування, які передбачають здійснення попереднього розрахунку параметрів пристрою, що проектується. До таких параметрів відноситься надійність. Для цього у складі віртуальної лабораторії автоматизованого проектування, яку створено в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, розроблено модуль для розрахунку параметрів надійності як окремих мікроелектронних компонентів, так і цілих пристроїв. В основу роботи модуля покладено дві методики розрахунку параметрів надійності: на основі експоненціального закону розподілу ймовірностей відмов і на основі DN-розподілу ймовірностей відмов. Наявність теоретичного матеріалу, опису методик розрахунку і інших довідкових матеріалів дає можливість використовувати даний модуль не тільки в наукових дослідженнях і при проектуванні, але і у навчальному процесі.

віртуальне проектування, віртуальна лабораторія автоматизованого проектування, надійність, експоненціальний закон, DN-розподіл, попередній розрахунок

Вступ

Розвиток інформаційних технологій і мікроелектронної елементної бази дозволив наповнити ринок портативними комп'ютерними приладами для широкого і повсякденного вжитку (наприклад, термометри, глюкометри, тонометри, кардіографи, флуорометри та ін.). Такі прилади, не дивлячись на малі розміри, володіють високими метрологічними і експлуатаційними характеристиками. Для швидкого впровадження таких приладів на ринок поряд з натурним проектуванням використовуються і віртуальні методи проектування. Натурне проектування приладів вимагало великих затрат матеріальних і людських ресурсів. Використання віртуальних методів проектування дозволило значно знизити ці витрати, а також скоротити терміни розробки нових приладів і пристроїв.

Віртуальні методи проектування реалізуються через віртуальні лабораторії автоматизованого проектування (ВЛАП). Одну з таких ВЛАП для проектування біосенсорних приладів створено у Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної академії наук України. Детальніше дана лабораторія буде описана далі.

Опис ВЛАП

ВЛАП Інституту кібернетики розроблено на базі формалізованого представлення знань з теорії, принципів організації, методів та засобів автоматизованого проектування та тестування інформаційно-вимірювальних систем та приладів, а саме на базі онтології предметної галузі. Для побудови ВЛАП використано методологію системної інтеграції [1] відносно базових методів і засобів, на яких вона базується. Основу цієї методології складає системний підхід до задач аналізу і синтезу компонентів як самої ВЛАП, так і об'єктів проектування. Тобто, дану ВЛАП побудовано як онтолого-керовану відкриту інформаційну систему. Будова ВЛАП і переваги віртуального проектування перед натурним детально описані в [2].

ВЛАП доцільно використовувати на етапі розробки технічного завдання або пілот-проекту. ВЛАП дозволяє достатньо швидко оцінити можливість реалізації проекту, а, отже, і очікуваний ефект від практичної реалізації. Також віртуальна лабораторія дозволяє достатньо швидко провести попередній розрахунок багатьох параметрів приладу, що проектується. До таких параметрів можна віднести, на-

приклад, швидкодію, надійність, точність, споживання енергії, ціну тощо.

Для розрахунку такого важливого параметру як надійність у ВЛАП реалізовано спеціальний програмний модуль.

Розрахунок надійності при віртуальному проектуванні

Програмний модуль для розрахунку параметрів надійності (надалі – модуль), який реалізовано в складі ВЛАП, призначений для розрахунку параметрів надійності як окремих мікроелектронних компонентів, так і цілих пристроїв.

Створення даного модуля було зумовлено тим, що у віртуальному режимі досить легко оцінити параметри надійності навіть достатньо складного приладу. У складі ВЛАП створено і наповнено спеціальні електронні бібліотеки, які містять інформацію про показники надійності мікроелектронних компонентів відомих фірм-виробників (Analog Devices, Linear Technology). Дані до бібліотек взято з офіційних сайтів цих виробників.

Модуль пропонує наступні можливості:

- 1) розрахунок показників надійності як окремого мікроелектронного компонента, так і приладу вцілому;
- 2) використання двох методик розрахунку;
- 3) вибір для розрахунку приладу як експериментальних показників надійності елементів від виробників, які взяті з бібліотеки ВЛАП, так і розрахованих за допомогою модуля;
- 4) порівняння результатів розрахунку параметрів надійності, які здійснені з використанням різних методик;
- 5) можливість оптимізації показників надійності на основі існуючих в базі компонентів;
- 6) наявність основних положень про теорію надійності, включно порядок розрахунку показників надійності за кожною з методик.

Особливістю цього модуля є те, що розрахунок параметрів надійності проводиться на основі двох методик розрахунку. Перша методика базується на

використанні експоненціального закону розподілу ймовірностей відмов і є складовою міжнародного стандарту MIL-STD-883, метод 1005. Друга методика базується на DN-розподілі ймовірностей відмов і є оригінальною розробкою вітчизняних спеціалістів [3].

Дані два розподіли було вибрано через те, що вони мають різну природу. Як відомо, експоненціальний закон є однопараметричним, а DN-розподіл є двопараметричною функцією [3].

В склад модуля входить велика кількість теоретичного матеріалу, що дозволяє ефективно використовувати його у навчальному процесі:

- 1) теоретичні основи розрахунку параметрів надійності мікроелектронних компонентів і цілих пристроїв за допомогою двох методик: на основі експоненціального закону розподілу ймовірностей відмов і на основі DN-розподілу ймовірностей відмов;
- 2) приведені точні алгоритми розрахунку параметрів надійності згаданих методик, включаючи графічне представлення цих алгоритмів;
- 3) теоретичні основи і методика розрахунку коефіцієнта Ареніуса, який використовується при розрахунках параметрів надійності;
- 4) табличні дані коефіцієнтів, які використовуються при розрахунку параметрів надійності, і умов проведення випробувань (наприклад, температура, тривалість, класи мікроелектронних компонентів тощо);
- 5) список літератури, в якій описано теорію надійності та питання розрахунку параметрів надійності мікроелектронних компонентів і пристроїв.

Про модуль, методики розрахунку параметрів надійності і алгоритми їх виконання детальніше можна прочитати в [4].

Практичне використання модуля

Практичне використання модуля покажемо на прикладі розрахунку параметрів надійності двома вказаними вище методиками: 1) окремого елемента;

2) приладів з різною кількістю елементів.

Розрахунки було проведено для мікроелектронних елементів фірми Analog Devices. Необхідну для розрахунку інформацію про показники надійності взято з офіційного сайту <http://www.analog.com>. Методики і формули, по яких було здійснено розрахунок приведено в [4]. На даний час в бібліотеці ВЛАП є інформація про показники надійності близько 1000 елементів.

Рівень надійності електронних компонентів будемо оцінювати наступними показниками: 1) інтенсивністю відмов λ , яка вимірюється в одиницях ГІТ (відмова на 10^9 годин напрацювання); 2) середнє напрацювання до відмови T_0 (в годинах і роках).

Показники надійності будуть розраховуватися для 60% і 90% довірчих границь (ДГ).

Розрахунок параметрів надійності окремого мікроелектронного елемента. Для розрахунку виберемо 14-розрядний цифро-аналоговий перетворювач AD7840 (виробник Analog Devices), який виготовлено по технології "CMOS>2,0 μm ". На сайті подано наступні показники надійності даного елемента (згідно технології виготовлення):

ДГ = 60%: $\lambda = 3 \cdot 10^{-9}$ год., $T_0 = 337841942$ год. (38566 р.);

ДГ = 90%: $\lambda = 7 \cdot 10^{-9}$ год., $T_0 = 134441015$ год. (15347 р.);

Провівши розрахунки за допомогою модуля було отримано наступні дані:

експоненціальний закон розподілу:

ДГ = 60%: $\lambda = 2,96 \cdot 10^{-9}$ год., $T_0 = 337764531$ год. (38558 р.);

ДГ = 90%: $\lambda = 7,43 \cdot 10^{-9}$ год., $T_0 = 134591823$ год. (15364 р.);

DN-розподіл:

ДГ = 60%: $\lambda = 2,96 \cdot 10^{-9}$ год., $T_0 = 1704200$ год. (195 р.);

ДГ = 90%: $\lambda = 7,43 \cdot 10^{-9}$ год., $T_0 = 1534950$ год. (175 р.).

Для розрахунку наведених вище результатів було використано узагальнені дані по технології виготовлення даного компонента, які приведено на офіційному сайті.

Крім того, модуль дозволяє проводити розрахунки і на основі вихідних даних по конкретному елементу. Недоліком такого розрахунку є те, що для окремих елементів виробником були взяті малі вибірки (а це значно спотворює отримувані результати). Так, наприклад, для елемента AD7840 була взята вибірка розміром 90 елементів. Для технології, по якій було виготовлено даний елемент, вибірка становила близько 4000 елементів. Тому, для отримання більш точних результатів як вихідні дані беруться узагальнені дані по конкретній технології виготовлення вибраного елемента.

Як видно з результатів розрахунків, дані виробника і розраховані з використання експоненціального закону розподілу збігаються. Як відомо [5], компанія Analog Devices для розрахунку параметрів надійності використовує методику на основі експоненціального закону розподілу ймовірностей відмов. Результати розрахунків з використанням DN-розподілу відрізняються від приведених виробником (експоненціальний закон). Така відмінність у результатах розрахунків, які отримані з використанням експоненціального закону розподілу і дифузійного закону розподілу (DN-розподілу), є очікуваною [6]. Експоненціальна модель явно завищує реальні показники надійності окремого мікроелектронного елемента.

Розрахунок параметрів надійності цілого пристрою з різною кількістю елементів. Для розрахунку параметрів надійності цілого пристрою як вихідні дані будемо брати розраховані модулем показники надійності елементів. Як елементи пристрою виберемо цифро-аналоговий перетворювач AD7840 і операційний підсилювач OP497 ("CMOS>2,0 μm " і "Bipolar>2,5 μm^2 " відповідно).

Розраховувати для цілого пристрою будемо тільки середнє напрацювання до відмови T_0 (в годинах і роках) кожною з двох методик.

Для першого випадку будемо вважати, що загальна кількість елементів в пристрої рівна 10 (по 5 елементів кожного типу):

експоненціальний закон розподілу:

ДГ = 60%: $T_0 = 54802369$ год. (6255,978 р.);

ДГ = 90%: $T_0 = 21837553$ год. (2492,871 р.);

DN-розподіл:

ДГ = 60%: $T_0 = 645130$ год. (73,645 р.);

ДГ = 90%: $T_0 = 583133$ год. (66,568 р.).

У другому випадку будемо вважати, що загальна кількість елементів в пристрої рівна 1000 (по 500 елементів кожного типу):

експоненціальний закон розподілу:

ДГ = 60%: $T_0 = 548024$ год. (62,56 р.);

ДГ = 90%: $T_0 = 218376$ год. (24,929 р.);

DN-розподіл:

ДГ = 60%: $T_0 = 64513$ год. (7,364 р.);

ДГ = 90%: $T_0 = 58313$ год. (6,657 р.).

У третьому випадку припустимо що загальна кількість елементів в пристрої рівна 110 тис. (по 55 тис. елементів кожного типу):

експоненціальний закон розподілу:

ДГ = 60%: $T_0 = 4982$ год. (0,569 р.);

ДГ = 90%: $T_0 = 1985$ год. (0,227 р.);

DN-розподіл:

ДГ = 60%: $T_0 = 6151$ год. (0,702 р.);

ДГ = 90%: $T_0 = 5560$ год. (0,635 р.).

Розрахунки, як і у випадку окремого елемента, показують завищення показників надійності пристрою, розрахованих з використанням експоненціальної моделі. Це твердження дійсне для пристроїв з невеликою кількістю елементів. При значному збільшенні кількості елементів відбувається зворотній процес: показники надійності, розраховані з використанням експоненціального закону розподілу, занижені у порівнянні з DN-моделлю [6].

Висновки

Наявність модулю розрахунку параметрів надійності у складі ВЛАП дає можливість робити попередній розрахунок параметрів надійності спроектованого приладу і на основі результатів розрахунку

робити висновок про відповідність розрахованих показників надійності спроектованого приладу заданим. Позитивною рисою модуля є наявність двох методик розрахунку показників надійності мікроелектронних компонентів і приладів на основі різних моделей розподілів ймовірностей відмов (одно- і двохпараметричної функцій).

Модуль можна використовувати не тільки для розрахунку показників надійності, але і для отримання теоретичних відомостей з теорії надійності і у навчальному процесі.

Література

1. Палагин А.В., Кургаев А.Ф. Проблемная ориентация в развитии компьютерных архитектур // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 4. – С. 167-180.
2. Структурна організація віртуальної лабораторії для проектування засобів обчислювальної техніки / О.В. Палагін, Ю.О. Брайко, І.Б. Галелюка, Р.Г. Імамудінова, В.О. Романов // Комп'ютерні засоби, системи та мережі. – 2005. – № 4. – С. 47-56.
3. Стрельников В. П. Оценка ресурса изделий электронной техники // Математичні машини та системи. – 2004. – № 2. – С. 186-195.
4. Палагін О. В., Романов В. О., Галелюка І. Б.. Віртуальні методи проектування складних систем: оцінка надійності // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 3. – С. 147-150.
5. ADI reliability handbook. Analog Devices, Inc., 2004.
6. Стрельников В.П. Методические погрешности расчета надежности систем // Материалы 10-ой международной конференции "Системные проблемы надежности, качества, информационных и электронных технологий. Часть 6. – Сочи, Россия. – 2005, октябрь. – С. 136-143.

Надійшла до редакції 23.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук. співр. О.В. Федухін, Інститут проблем математичних машин і систем, Київ.