

Дослідження надійності персональної електронної обчислювальної машини

В статті описані дослідження надійності персональної електронної обчислювальної машини (ПЕОМ) – персонального комп'ютера (ПК) типу IBM PC. Персональний комп'ютер представлений у вигляді мікропроцесорної системи, яка має складну комбіновану структуру у вигляді окремих модулів. Дослідження надійності виконано класичним та ймовірно-фізичним методами.

надійність, мікропроцесорна система, персональний комп'ютер, комбінована структура

В даний час при розробці та обслуговуванні мікропроцесорних систем особливо актуально постає питання їх надійності. Це стосується як персонального комп'ютера, так і специфічної обчислювальної машини, на які покладають рішення задач різної складності і вимагають різного ступеню надійності.

Дана проблема частково була описана в джерелах [1, 2, 3]. Так, в роботі [1] описувались дослідження стосовно надійності інформаційної системи. Але в ній не врахована надійність апаратної частини, тобто надійність персональної електронної обчислювальної машини.

Метою дослідження в даній роботі є практичне застосування методики визначення надійності для персонального комп'ютера типу IBM PC.

Більшість реальних мікропроцесорних систем має складну комбіновану структуру, частина елементів якої утворює послідовне з'єднання, інша частина - паралельне, окремі елементи або структури утворюють мостикові схеми або типу "m з n". Метод прямого перебору для таких систем виявляється практично не реалізуємим. Більш доцільно в цих випадках попередньо зробити декомпозицію системи, розбивши її на прості підсистеми - групи елементів, методика розрахунку надійності яких відома. Потім ці підсистеми у структурній схемі надійності замінюються „квазіелементами” з ймовірностями безвідмовної роботи, що дорівнюють обчисленим ймовірностям безвідмовної роботи цих підсистем. При необхідності таку процедуру можна виконати кілька разів, до тих пір, доки усі квазіелементи не утворять структуру, методика

© Д.В. Трушаков, Д.А. Кенавішвілі, 2011

розрахунку надійності якої відома. Наприклад, розглянемо комбіновану мікропроцесорну систему, структурна схема якої представлена на рисунку 1.

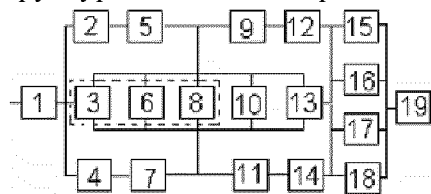
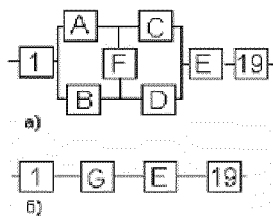


Рисунок 1 – Структурна схема комбінованої мікропроцесорної системи

Тут елементи 2 і 5, 4 і 7, 9 і 12, 11 і 14 попарно утворюють послідовні з'єднання. Замінімо їх відповідно квазіелементами А, В, С, D, для яких розрахунок надійності елементарно виконується за відомими формулами. Елементи 15, 16, 17 і 18 утворюють паралельне з'єднання, а елементи 3, 6, 8, 10 і 13 - систему "3 з 5". Відповідні квазіелементи позначимо Е і F. У результаті перетворена схема набуде вигляду, що

показаний на рисунку 2а. В ній у свою чергу елементи А, В, С, Д, F утворюють мостикову схему, яку заміняємо квазіелементом G. Схема, отримана після таких перетворень (рисунок 2б), утворює послідовне з'єднання елементів 1, G, E, 19, таким чином, розрахунок ймовірності безвідмовної роботи отриманої системи виконується як для послідовно з'єднаних вузлів.



а) мостикова схема; б) послідовне з'єднання елементів
Рисунок 2 – Перетворена структурна схема комбінованої мікропроцесорної системи

За характером процесу проявлення розрізняють раптову і поступову відмови. Раптова відмова характеризується стрибкоподібною зміною значень параметрів мікропроцесорної системи, а поступова відмова - повільною їх зміною.

Раптова відмова може настати у будь-який момент, навіть на початку експлуатації пристрою. Її передбачити і попередити неможливо. Інша ситуація – при поступовій відмові. Така відмова є наслідком накопичення порівняльно малих і повільних змін властивостей пристрою, внаслідок процесів старіння та зношування деталей та вузлів.

Тому, дослідження надійності мікропроцесорної системи, наприклад, персональної електронної обчислювальної машини можна виконати двома способами:

а) за допомогою експоненціального розподілення з використанням інтенсивності відмов λ (так званім „лямбда”-методом), що традиційно використовується для розрахунку надійності пристроїв з врахуванням дії раптових відмов;

б) за допомогою ймовірнісно-фізичного методу, який базується на використанні функцій Лапласа та DN -розподілення, якій використовується для розрахунку надійності пристроїв при дії поступових відмов.

При розрахунку надійності персонального комп'ютера згідно лямбда-методу приймаються наступні допущення[3]:

- відмови елементів (модулів) незалежні;
- відмова будь-якого модуля призводить до відмови ПК в цілому;
- вихідними даними для розрахунку показників надійності ПК є інтенсивності відмов модулів;
- коефіцієнт варіації напрацювання на відмову модулів дорівнює одиниці;
- закон розподілу напрацювання на відмову ПК описується експоненціальним розподілом виду:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

де λ - загальна інтенсивність відмов всіх модулів, що входять до складу системного блоку ПК.

$$\lambda = \sum_{j=1}^n m_j \lambda_j, \quad (2)$$

де m_j – кількість однотипних модулів системного блоку ПК;

λ_j – інтенсивність відмови модулю j типу.

Розрахунок надійності ПК лямбда-методом виконується у наступній послідовності [3]:

- 1) визначається середнє напрацювання на відмову ПК:

$$\dot{O}_{\bar{n}\delta} = \left(\sum_{j=1}^n m_j \cdot \lambda_j \right)^{-1}; \quad (3)$$

2) знаходиться гамма-відсоткове напрацювання ПК ($\gamma=0.9$):

$$T_\gamma = -T_{\bar{n}\delta} \cdot \ln \gamma; \quad (4)$$

3) розраховується ймовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-k \cdot \lambda \cdot t}, \quad (5)$$

де k – коефіцієнт експлуатації (для нормальних умов $k=1$);

λ – сумарна інтенсивність відмов усіх модулів ПК;

t – заданий час роботи ПК.

При розрахунку надійності персонального комп'ютера за допомогою ймовірностно-фізичного методу приймаються такі допущення [3]:

- відмови елементів (модулів) незалежні;
- відмова будь-якого модуля призводить до відмови ПК в цілому;
- вихідними даними для розрахунку показників надійності ПК є середнє напрацювання до відмови модулів;
- коефіцієнт варіації напрацювання до відмови модулів дорівнює одиниці;
- закон розподілення напрацювання до відмови ПК описується розподіленням виду:

$$F(t) = \hat{O} \left(\frac{t - \mu}{\sqrt{\mu \cdot t}} \right) + e^2 \cdot \hat{O} \left(\frac{t + \mu}{\sqrt{\mu \cdot t}} \right), \quad (6)$$

де $\mu = \left(\sum_{j=1}^n m_j \cdot T_j^{-2} \right)^{-1/2}$ – параметр розподілення напрацювання ПК, який

співпадає со значенням середнього напрацювання до відмови ($T_{cp} = \mu$);

T_j – середнє напрацювання до відмови модуля j -того типу;

m_j – кількість модулів j -того типу.

Розрахунок надійності ПК ймовірностно-фізичним методом виконується у наступній послідовності [3]:

1) визначається середнє напрацювання на відмову ПК:

$$\dot{O}_{\bar{n}\delta} = \mu = \left(\sum_{j=1}^n m_j \cdot T_j^{-2} \right)^{-1/2}; \quad (7)$$

2) знаходиться гамма-відсоткове напрацювання ПК ($\gamma=0.9$):

$$\hat{O} \left(\frac{T_\gamma - \mu}{\sqrt{\mu \cdot T_\gamma}} \right) + e^2 \cdot \hat{O} \left(\frac{T_\gamma + \mu}{\sqrt{\mu \cdot T_\gamma}} \right) = 1 - \gamma, \quad (8)$$

або шляхом використання таблиці функції DN -розподілення [3], де визначається величина $x(1-\gamma; \nu)$ за значенням ймовірності $F(x)=1-\gamma=0.9$ та за значенням коефіцієнта варіації $\nu=1$:

$$T_\gamma = \mu \cdot x(1-\gamma; 1); \quad (9)$$

3) розраховується ймовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = \hat{O} \left(\frac{1-x}{\sqrt{x}} \right) + e^2 \cdot \hat{O} \left(\frac{1+x}{\sqrt{x}} \right), \quad (10)$$

де $x=t/T_{cp}$ (t – заданий час роботи ПК).

В якості вихідних даних для розрахунку надійності ПК приймаються показники надійності модулів. Аналіз надійності порядку десяти тисяч (9528 штук) ПК різного ступеня складності, виробництва, різних фірм, що пропрацювали різний час в різноманітних умовах, був проведений німецьким журналом "Chip", дозволив зробити висновки стосовно ступеня характеристик надійності сучасних ПК [3]. Середня інтенсивність відмов ПК середнього рівня незначною мірою відрізняється і складає приблизно 0,52 відмови на рік, тобто в середньому кожен ПК відмовляє приблизно один раз на два роки, але при цьому трохи більше половини ПК працювали без відмов взагалі. В таблиці наведені типовий склад і показники надійності модулів ПК. Показники надійності відповідають коефіцієнту експлуатації $K=1$.

Характеристики надійності модулів системного блоку ПК приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Склад і показники надійності модулів ПК

№	Модуль ПК	кількість	Інтенсивність відмов, $\lambda_j \cdot 10^{-5}$, 1/год.	Середнє напрацювання, $T_j \cdot 10^5$, год.
1	Системна плата	1	5,0	0,2
2	Процесор	1	0,1	6,6
3	Оперативна пам'ять	2	0,5	2,0
4	Відеокарта	1	2,6	0,375
5	Вінчестер	1	1,0	1,0
6	Дисковід	1	5,5	0,18
7	Оптичний привід	1	5,0	0,2
8	Клавіатура	1	5,0	0,2
9	Маніпулятор – миша	1	5,0	0,2
10	Блок живлення	1	2,6	0,375
11	З'єднувач дисководу (25 виводів)	1	0,4	2,6
12	З'єднувач вінчестеру (40 виводів)	1	0,48	2,1
13	З'єднувач оптичного приводу (40 виводів)	1	0,48	2,1
14	Вентилятор охолодження	2	0,76	1,3
15	Вимикач	2	0,6	1,65

Використовуючи характеристики надійності та кількість модулів, що наведені в таблиці 1, обчислюємо показники надійності ПК. Результати розрахунків показників надійності ПК за допомогою лямбда-методу та ймовірностно-фізичного методу при заданому напрацюванні до відмови $t_{зад}=1000$ годин приведені у таблиці 2.

Таблиця 2 - Результати розрахунків показників надійності ПК

Показник надійності	Лямбда-метод	Ймовірностно-фізичний метод
Середнє напрацювання до відмови $T_{ср}$, годин	2711	8189
Гамма-відсоткове напрацювання T_{γ} , годин	286	1953
Ймовірність безвідмовної роботи $P(t_{зад})$	0,7	0,99

Таким чином, згідно результатів розрахунків показників надійності ПК видно, що найбільш „жорсткі” результати отримані на основі експоненціального розподілення.

Графік ймовірності безвідмовної роботи ПК на основі експоненціального розподілення представлений на рисунку 3.

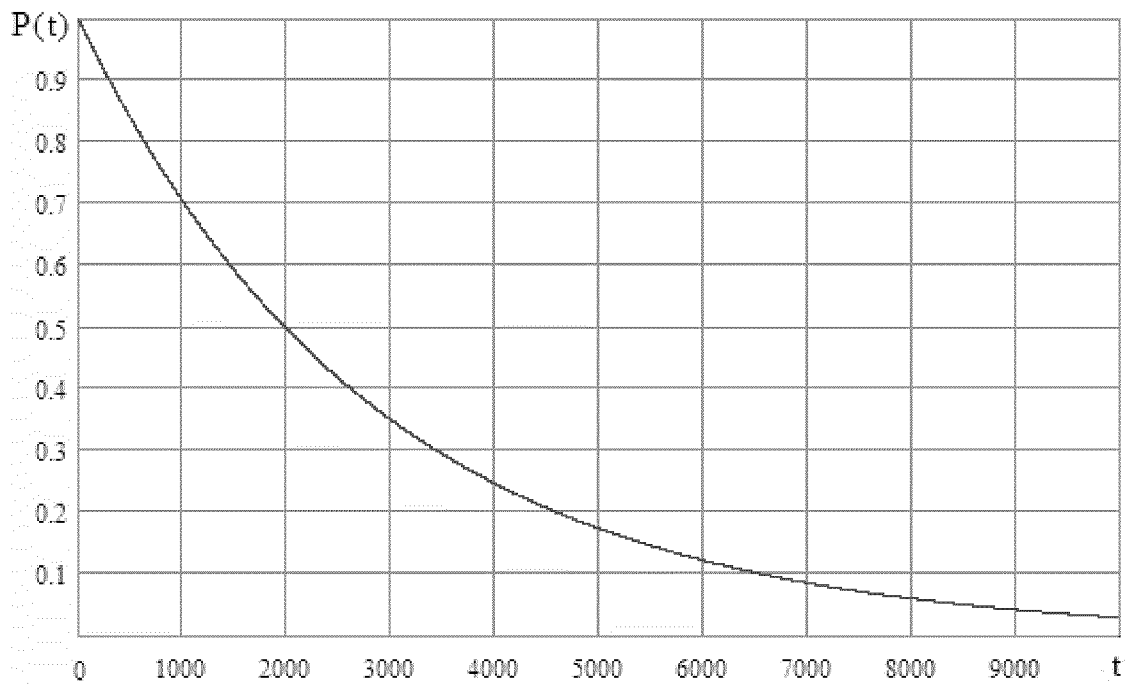


Рисунок 3 - Ймовірність безвідмовної роботи ПК на основі експоненціального розподілення

Розрахункові залежності для визначення основних характеристик надійності мікропроцесорних систем показують, що надійність системи залежить від її структури (структурно - логічної схеми) та надійності елементів. Тому для складних систем можливі два шляхи підвищення надійності: підвищення надійності елементів і зміна структурної схеми. Підвищення надійності елементів на перший погляд видається найбільш простим прийомом підвищення надійності системи. Дійсно, теоретично завжди можна вказати такі характеристики надійності елементів, щоб ймовірність безвідмовної роботи системи задовольняла заданим вимогам. Проте практична реалізація такої високої надійності елементів може виявитися неможливою. Високонадійні елементи, як правило, мають великі габарити, масу і вартість. Виняток становить використання більш досконалої елементної бази, яка реалізується на принципово нових фізичних і технологічних принципах (наприклад, перехід від дискретних елементів на інтегральні схеми). зміна структури системи з метою підвищення надійності передбачає два аспекти. З одного боку, це означає перебудову конструктивної чи функціональної схеми (структури зв'язків між складовими елементами), зміна принципів функціонування окремих частин системи. Такого роду перетворення можливі виключно рідко, так що цей прийом не вирішує проблеми надійності. З іншого боку, зміна структури розуміється як введення додаткових, надлишкових елементів, що включаються в роботу при відмові основних. Таким чином, резервування - це застосування додаткових засобів і можливостей з метою збереження працездатного стану об'єкта при відмові одного або кількох його елементів. Завдяки резервуванню елементів та модулів системи за рахунок надлишковості можливе забезпечення більш високої надійності системи, ніж її елементів.

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Найбільш „жорсткі” результати показників надійності отримані за допомогою експоненціального розподілення.
2. При заданому часі напрацюванні до відмови 1000 годин ймовірність безвідмовної роботи персонального комп'ютера дорівнює 0,7.

3. Підвищення надійності персонального комп'ютера можливе лише за рахунок підвищення надійності елементів та зміні структурної схеми.

4. Практичні результати, що отримані в даній роботі, можуть бути використані при розробці обчислювальних систем – як персонального комп'ютера, так і спеціалізованого обчислювального комплексу, на якій покладають виконання специфічних завдань, наприклад в процесі виробництва у машинобудуванні.

Список літератури

1. Трушаков Д.В., Николаєва Л.А., Коренецька Н.Б., Мошна Д.Ю. Дослідження надійності інформаційної системи. // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2010. – Випуск 23. – С.274-280.
2. Основи надійності цифрових систем. / В.С. Харченко та ін. - Харків: Національний аерокосмічний університет „Харківський авіаційний інститут”, 2004.
3. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики. – К.: НАУ, 2004. – 164 с.
4. Кривоногов Ю.А., Морозов А.А. Мини- и микроЭВМ. Номенклатура и технико-эксплуатационные характеристики: Справ. / Под ред. В.В. Свиридова. – К.: Вища шк., 1990. – 287 с.

Д. Трушаков, Д. Кенавишвили

Исследование надежности персональной электронной вычислительной машины

В статье описаны исследования надежности персональной электронной вычислительной машины (ПЭВМ) – персонального компьютера (ПК) типа IBM PC. Персональный компьютер представлен в виде микропроцессорной системы, которая имеет сложную комбинированную структуру в виде отдельных модулей. Исследование надежности выполнено классическим и вероятностно-физическим методами.

D. Trushakov, D. Kenavishvili

The research the reliability of the personal computer

In the article researching the reliability of the computer system – personal computer IBM PC type. The personal computer show in microprocessor system which have complex structure in the form of individual modules. Researching the reliability realized by classical and probability-physical method.

Одержано 22.02.10