

КОНСТРУЮВАННЯ РАДІОАПАРАТУРИ

УДК 621.306

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ ВІДМОВ

Дехтярук М.Т., Видалко Є.М.

При проектуванні й розробці радіотехнічних (РС), як й інших структурно-складних систем, одним з основних залишається завдання забезпечення високої продуктивності й надійності протягом терміну експлуатації. Математична теорія надійності являє собою прикладну дисципліну, що використовує як логіко-алгоритмічні, так і ймовірносно-статистичні методи. Основи логіко-ймовірнісного аналізу структурно-складних систем викладені в монографіях [1, 2]. В роботах [2-7] досліджені широкі класи моделей теорії надійності аналітичними методами. При цьому, для визначення основних показників надійності, пов'язаних з функціонуванням структурно-складних систем у часі, традиційно використовувалися марківські, напівмарківські й випадкові процеси, що регенерують, а також вирішувалася цілий ряд оптимізаційних завдань, таких як оптимізація структури, розподіл вимог по надійності між показниками окремих складових надійності (безвідмовності й ремонтпридатності), введення різних видів надмірності (структурної, функціональної, тимчасової), розрахунок комплектів ЗИП, оптимізація систем технічного обслуговування й ремонту та ін.

Метою даної статті є застосування сучасних комп'ютерних інформаційних технологій - комп'ютерної системи імітаційного моделювання GPSS World – для оцінки надійності роботи РС з урахуванням відмов.

Імітаційне моделювання - це чисельний метод визначення параметрів функціонування всіляких систем за численними реалізаціями з урахуванням імовірнісного характеру протікання процесу. Основою імітаційного моделювання є метод статистичних випробувань. Цей метод найбільш ефективний при дослідженні складних систем, на функціонування яких впливають випадкові фактори [8]. Імітаційна модель системи відображає поведінку й зміни її стану в часі при заданих потоках вимог, що надходять до входу системи. Параметри вхідних потоків вимог - зовнішні параметри системи. Вихідними параметрами є величини, що характеризують властивості системи і якість її функціонування. Імітаційне моделювання дозволяє проводити дослідження при різних типах вхідних потоків і різної інтенсивності надходження вимог у систему, а також різних дисциплінах обслуговування вимог.

Однією з найефективніших й універсальних систем імітаційного моделювання, призначених для професійного моделювання найрізноманітні-

ших процесів і систем, наразі є система GPSS World (General Purpose Simulation System World - всесвітня система імітаційного моделювання загального призначення) [8, 9]. Система GPSS World, призначена для моделювання як дискретних (в основному, систем масового обслуговування), так і неперервних систем.

Модель у системі GPSS World - це послідовність операторів моделювання. Оператор моделювання може бути або оператором GPSS World, або процедурою мови PLUS. Система моделювання GPSS World заснована на переході вимог (транзактів) від блоку до блоку (від оператора до оператора) у певні моменти часу, що називається подією.

Інтерфейс системи GPSS World максимально орієнтований на користувача. На рис. 1 показано головне вікно системи GPSS World. У першому рядку (рядку заголовка) головного вікна зазначена назва вікна - GPSS World. У другому - розташовуються пункти головного меню, у третьому - стандартна панель інструментів. Нижній рядок головного вікна - рядок стану системи, в якому дається короткий опис команди, що виділена. У центрі головного вікна перебуває вікно вихідної моделі системи GPSS World, яке призначене для ефективного розробки, перевірки й налагодження програм в GPSS World. Це вікно викликається автоматично при відкритті файлу із програмою мовою GPSS. Програму, що перебуває у вікні моделі, можна відтранслювати й одержати шуканий результат.

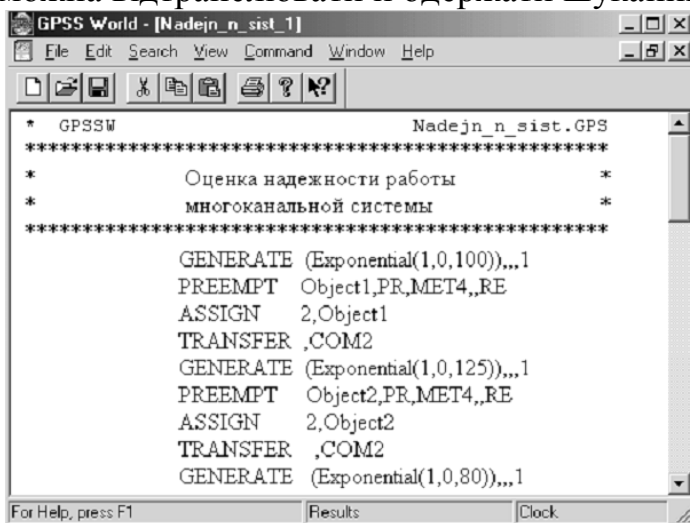


Рис. 1

Розглянемо функціонування РС, що має три види каналів обслуговування (блоків, вузлів), включених паралельно, як багатоканальну систему масового обслуговування (СМО) [10]. Вимоги (сигнали, запити) надходять у систему на обслуговування з інтенсивністю λ . Потік надходження вимог на обслуговування - пуассонівський: $\lambda = 0,1$ 1/ч. Вимоги обслуговуються в каналах

обслуговування з інтенсивністю μ . Розподіл часу обслуговування вимог - експоненціальне: $\mu = 0,05$ 1/ч. Одночасно всі блоки перебувають під дією пуассонівських потоків відмов з відповідними інтенсивностями: $\lambda_1 = 0,01$ 1/ч., $\lambda_2 = 0,008$ 1/ч., $\lambda_3 = 0,0125$ 1/ч. Блоки, що відмовили, негайно починають ремонтувати (відновлювати). При цьому для відновлення блоків, що відмовили, є два пункти відновлення (ПВ). Розподіл часу відновлення блоків на кожному ПВ будемо припускати експоненціальним. Для першого ПВ інтенсивність ві-

дновлення $\mu_1 = 0,033$ 1/ч. Для другого ПВ інтенсивність відновлення $\mu_2 = 0,025$ 1/ч. Потрібно оцінити надійність роботи такої РС, тобто визначити: коефіцієнти готовності блоків; середній час їх відновлення; коефіцієнти готовності пунктів відновлення та ін. Розглянуті в системі потоки відмов найбільш повно відповідають реаліям життя й характеризуються особливостями: ймовірність відмови двох і більше елементів блоку одночасно дуже мала, і нею можна знехтувати (потік вимог ординарний); імовірність настання наступних відмов у будь-який момент часу не залежить від попередніх відмов - потік відмов без наслідків; потік відмов стаціонарний.

Інтенсивності відмови та відновлювань блоку визначатимемо як t_p : $\lambda = 1/t_p$ та $t_0 : \mu = 1/t_0$ відповідно.

Імітаційний метод розв'язування завдання

Імітаційну модель системи створимо із трьох сегментів [8,9]. У першому сегменті генерується потік відмов різних блоків. У другому сегменті проводиться обслуговування блоків, що не відмовили. У третьому проводиться відновлення блоків, що відмовили.

Перший сегмент складається із трьох наборів операторів - по числу видів блоків. Для першого блоку цей набір операторів виглядає так:

```
GENERATE (Exponential(1,0,100)),,1; PREEMPT Object1,PR,MET4,,RE  
ASSIGN 2 ,Object1; TRANSFER ,COM2
```

Перший оператор набору **GENERATE** (Генерувати) генерує відмови першого блоку. Оскільки потік відмов всіх блоків пуассонівський, то їх можна генерувати за допомогою вбудованої функції експоненціального розподілу відмов. У полі операнда А використовується вбудована функція експоненціального розподілу (Exponential...). Третій параметр в експоненціальній функції - час настання чергової відмови t_p , для першого блоку - $t_{p1} = 1/\lambda_1 = 100$, для другого - $t_{p2} = 1/\lambda_2 = 125$, для третього - $t_{p3} = 1/\lambda_3 = 80$.

У полі операнда D стоїть значення 1, що визначає величину пріоритету даної події - відмови блоку. За замовчуванням пріоритет дорівнює 0.

Другий оператор набору **PREEMPT** (Зайняти) знімає вимогу з обслуговування у зв'язку з настанням відмови й переміщає його в інше місце. У полі операнда А вказується ім'я блоку, у якому переривається обслуговування. У полі операнда С вказується місце розташування блоку, до якого направляється перервана в обслуговуванні вимога. У нашому прикладі це блок з міткою MET4. Вимоги, обслуговування яких переривається, виходять із системи обслуговування. У полі операнда В вказуються символи PR - режим обліку пріоритету. У полі операнда D визначається параметр, у який заноситься час обслуговування, що залишився. У полі операнда E можуть бути символи RE. Це означає, що вимога направляється в блок, зазначений у полі операнда С, із правом на повторне використання каналу обслуговування.

Далі використовується оператор **ASSIGN** (Присвоїти) для присвоєння

параметру вимоги під номером 2 імені блоку. Заключним оператором набору є оператор **TRANSFER** (Передати), який використовується у режимі безумовної передачі вимоги до оператора з міткою COM2 (поле операнда B). Такі набори операторів створюються для кожного блоку, а в нашому завданні їх три.

Другий сегмент моделі забезпечує обслуговування блоків, що не відмовили. Він включає оператор **GENERATE**, що генерує надходження вимог.

GENERATE (Exponential(1,0,10))

Потік надходження вимог - пуассонівський ($\lambda = 0,1$ 1/ч), і його можна генерувати за допомогою вбудованої функції експоненціального розподілу. Третій параметр експоненціальної функції - середній час входу двох чергових один за іншим вимог, які поступають до системи на обслуговування. Воно буде дорівнювати: $t_0 = 1/\lambda = 1/0,1 = 10$.

Далі використовуються три набори операторів - по числу видів блоків. Для першого блоку цей набір операторів виглядає так:

```
MET1 GATE NU Object1,MET2; SEIZE Object1  
ASSIGN 1,Object1; TRANSFER ,COM1
```

Перший оператор набору **GATE NU** забезпечує перевірку каналу обслуговування на зайнятість, з передачею вимоги, у випадку зайнятості каналу, на наступний канал, або (при зайнятості всіх каналів обслуговування) на знищення. У полі операнда A вказується числове або символічне ім'я блоку. Залежно від стану блоку виконується переміщення вимоги до оператора з міткою, що вказується в полі операнда B, у нашому прикладі це оператор з міткою MET 2.

Якщо канал обслуговування не зайнятий, вимога переміщується до наступного оператора - **SEIZE** (Зайняти), - який визначає зайнятість каналу обслуговування. Якщо канал обслуговування зайнятий, то вимога далі не переміщається. Якщо канал обслуговування не зайнятий, то вимога переходить до наступного оператора - **ASSIGN** -для присвоєння параметру вимоги під номером 1 імені каналу обслуговування. Заключним оператором набору є **TRANSFER**, який використовується у режимі безумовної передачі вимоги до оператора з міткою COM1.

Далі використається оператор **ADVANCE** для моделювання часу обслуговування вимог. Середній час обслуговування вимоги визначається, виходячи з інтенсивності обслуговування вимог - $\mu = 0,05$ 1/одинаця часу. Розподіл часу обслуговування вимог - експоненціальне. Середній час обслуговування визначається так: $t_{obsl} = 1/\mu = 1/0,05 = 20$.

Моделювання обслуговування вимог буде виглядати так:
COM1 ADVANCE (Exponential(1,0,20))

Після обслуговування вимоги треба повідомити про звільнення каналу обслуговування. Це робиться за допомогою оператора **RELEASE** (Звільнити), який у нашому прикладі записується так: **RELEASE P1**

У полі операнда А в параметрі вимоги під номером 1 утримується ім'я вимоги, яка покинула канал обслуговування в цей момент.

Далі використовується ряд операторів, що забезпечують вивід вимог із системи обслуговування й визначення числа вимог, що губляться, а саме (для прикладу, що розглядається):

```
TERMINATE 1; MET4 SAVEVALUE 2+,1; TERMINATE 1.
```

Число вимог, які губляться, утримується в величині, що зберігається, під номером 2. І нарешті, третій сегмент моделі буде проводити відновлення (ремонт) каналів обслуговування, що відмовили. Це буде виглядати так:

```
COM2 TRANSFER BOTH,REM1,REM2
REM1 QUEUE Punkt_1
      ADVANCE (Exponential(1,0,30))
      DEPART Punkt_1
      TRANSFER ,COM3
REM2 QUEUE Punkt_2
      ADVANCE (Exponential(1,0,40))
      DEPART Punkt_2
COM3 RETURN P2
      SAVEVALUE 1+,M1
      TERMINATE
      START 5000
```

Перший оператор третього сегмента моделі **TRANSFER** розподіляє канали обслуговування по двох пунктах відновлення, використовуючи режим **BOTH**. Спочатку канал обслуговування направляється до оператора з міткою **REM1**, а якщо пункт відновлення зайнятий - до оператора з міткою **REM2**.

Далі використовуються оператори **QUEUE** й **DEPART** для збору статистичної інформації із черг й оператори **SEIZE** й **RELEASE** для збору статистичної інформації з каналів відновлення з використанням відповідних імен у полі операнда А.

Для моделювання часу відновлення об'єкта використовуються оператори **ADVANCE** (Затримати), які в нашому завданні будуть виглядати так:

```
ADVANCE (Exponential(1,0,30)); ADVANCE (Exponential(1,0,40))
```

У полі операнда А виконується звертання до вбудованого в систему експоненціального розподілу із вказівкою середнього інтервалу відновлення об'єктів - відповідно 30 й 40 одиниць часу.

Далі використовуються оператори **RETURN** й **SAVEVALUE**:

```
COM3 RETURN P2; SAVEVALUE 1+,M1
```

Перший забезпечує переривання обслуговування внаслідок відмови й ремонту каналу обслуговування. Другий забезпечує збір сумарного часу проходження каналів обслуговування, що відмовили, в величині, що зберігається, під номером 1. Моделювання закінчується оператором **TERMINATE** (знищуючи об'єкти, що відмовили) і починається оператором **START**.

Після створення імітаційної моделі, її необхідно відтранслювати і запустити на виконання. В імітаційній моделі є керуюча команда **START**, отже, вихідна імітаційна модель буде транслюватися, і якщо в ній немає помилок, то почнеться процес моделювання системи.

Перед початком моделювання необхідно встановити вивід тих параметрів моделювання, які потрібні користувачеві. У нашому прикладі буде виведена інформація з об'єктів: Queues (Черги); Facilities (Канали обслуговування); Savevalues (Зберігають величини, що). Результати моделювання представлені у вікні **REPORT**, яке зображене на рис. 2.

GPSS World Simulation Report - Nadejn_n_sist.1.1

Friday, April 25, 2008 15:19:29

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	50482.087	44	4	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OBJECT3	959	0.380	19.978	1	5003	0	0	0	0
PUNKT_1	3	0.002	28.380	1	0	0	0	0	0
OBJECT1	1661	0.662	20.135	1	5005	0	0	0	0
OBJECT2	1309	0.534	20.577	1	5001	0	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
PUNKT_1	1	0	3	2	0.000	0.593	1.778

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
1	0	159.205
2	0	1077.000

Рис. 2

У верхньому рядку вікна **REPORT** вказується: **START TIME** (Початковий час); **END TIME** (Час закінчення); **BLOCKS** (Число блоків); **FACILITIES** (Число каналів обслуговування); **STORAGES** (Число накопичувачів). Нижче вказуються результати моделювання каналів під іменами: Object1, Object2 й Object3, і пункту відновлення Punkt_1: **ENTRIES** (Число входів); **UTIL.** (Коефіцієнт використання); **AVE. TIME** (Середній час обслуговування); **AVAIL** (Доступність) - 1; **OWNER** (Можливе число входів); **PEND**; **INTER**, **RETRY** (Повтор); **DELAY** (Відмова). Ще нижче приводяться параметри величин, що зберігаються: **RETRY** (Повтор); **VALUE** (Величина).

З результатів моделювання видно, що за час моделювання, що дорівнює 50482,087 одиницям часу, у систему надійшло 5005 вимог. З них загублено внаслідок зайнятості каналів обслуговування або відмови 1077 (див. величину, що зберігається, під номером 2). Середня зайнятість каналів обслуговування **OBJECT1**, **OBJECT2** й **OBJECT3** відповідно дорівнює 0,662, 0,534 й 0,380 а середня зайнятість пункту відновлення Punkt_1 становить 0,002. Максимальна довжина черги на відновлення каналів обслуговування в пункті 1 складає один блок. Ця інформація ілюструє ефективність роботи системи.

Таким чином, імітаційний метод моделювання є ефективним методом для оцінки надійності роботи РС з урахуванням відмов.

Література

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ. - М.: Наука, 1965. - 524 с.
2. Анисимов В.В., Война А.А. Марковские и полумарковские процессы.- К.: Киевский государственный университет им. Т.Г. Шевченко. - 1986. - 432 с.
3. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем.- С-Пб.: Политехника, 2000. – 381 с.
4. Birolini A. Reliability Engineering. Theory and Practice. Berlin: Springer. 2004. 544p.
5. Trivedi K.S. Probability and Statistics with Reliability, Queueing, and Computer Science Applications.- New York: Wiley.- 2002. - 830 p.
6. Kovalenko I.N., Atkinson J.B., Mykhalevych K.V. Three Cases of Light-Traffic Insensitivity of the Loss Probability in a GI/G/m/0 Loss System to the Shape of the Service Time Distribution // Queueing Systems.-2003.- 45.-P. 245-271.
7. Баум Д., Коваленко И.М. Оцінка ймовірності втрати в системі обслуговування типу MAP/G/m/0 за умови малого навантаження // Теорія ймовірностей і математична статистика.- 2004.-71.- С. 15-21.
8. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. – М.: Альтекс-А. 2004. – 384 с.
9. Томашевский В.Н., Жданова Э.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. - М.: Бестселлер. - 2003. - 416 с.
10. Чернов В.П., Ивановский В.Б. Теория массового обслуживания. – М.: ИНФРА. - 2000. - 158 с.

Дехтярук М.Т., Видалко Є.М. Моделювання роботи радіотехнічних систем з урахуванням відмов. Розглянуто систему імітаційного моделювання GPSS World, з метою моделювання роботи радіотехнічних систем з урахуванням відмов. Радіотехнічна система розглядається, як багатоканальна система масового обслуговування. Проведено розрахунок середньої зайнятості каналів обслуговування й середньої зайнятості пункту відновлення, а також максимальна довжина черги на відновлення каналів.
Ключові слова: імітаційне моделювання, моделювання радіотехнічних систем, система масового обслуговування.

Дехтярук Н.Т., Видалко Е.Н. Моделирование работы радиотехнических систем с учетом отказов. Рассмотрена система имитационного моделирования GPSS World, с целью моделирования работы радиотехнических систем с учетом отказов. Радиотехническая система рассматривается, как многоканальная система массового обслуживания. Проведен расчет средней занятости каналов обслуживания, средней занятости пункта восстановления, максимальная длина очереди на восстановление каналов.
Ключевые слова: имитационное моделирование, моделирование радиотехнических систем, система массового обслуживания

Dehtyaruk N.T., Vidalko E.N. Design of work of the radioengineering systems taking into account the refusals. The system of the imitation design GPSS World is considered, with the purpose of design of work of the radioengineering systems taking into account the refusals. The radioengineering system is considered in this case, how the multichannel queuing system. Computation of middle employment of channels of service and middle employment of point of renewal is conducted.
Key words: imitation design, design of the radioengineering systems, queuing system.