

УДК: 519.7

МОРОЗ В. П., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ);
ЦЕБРО Є. М., студент (УкрДАЗТ).

Аналіз методів моделювання асинхронних паралельних процесів

Вступ

Системи залізничної автоматики і телемеханіки (СЗАТ) відносяться до класу складних систем. Етапи проектування, впровадження та еволюції даних систем неможливі без використання різноманітних методів моделювання. Під моделюванням розуміється заміщення одного об'єкта іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єкта-оригіналу за допомогою об'єкта-моделі [1]. Відомо, що технологічні процеси в СЗАТ є асинхронними та паралельними. Наприклад, в системах електричної централізації (ЕЦ) встановлення, замикання та розмикання маршрутів можуть відбуватися одночасно та незалежно один від одного. На даний час відомо багато методів моделювання асинхронних паралельних процесів (АПП). Відомо, що вибір методу моделювання визначається метою, що стоїть перед дослідником. Моделюванню АПП присвячено багато різноманітних публікацій, як у вигляді статей [2, 3, 4], так і у вигляді навчальних посібників [5] і монографій [6, 7, 8, 9, 10, 11].

Актуальність проблеми

Більшість існуючих СЗАТ побудовано на основі реле першого класу надійності, яке з заданою вірогідністю виключає появу небезпечних відмов.

На даний час відбувається стрімкий перехід до мікропроцесорних СЗАТ. Мікроелектронні компоненти таких систем володіють такою властивістю, як симетрична відмова. Внаслідок такої відмови можливе переведення системи в небезпечний стан.

Моделювання дозволяє дослідити поведінку системи і визначити можливі стани системи на стадіях розробки та проектування. Звідси випливає, що в теперішніх умовах, актуальність проблеми моделювання СЗАТ набуває особливого значення.

Постановка задачі

Для моделювання СЗАТ необхідно обґрунтовано обрати метод моделювання АПП, який найбільш оптимально та адекватно відтворить ті процеси, що відбуваються в досліджуваних системах.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Виконати аналіз методів моделювання АПП з позицій еволюційного розвитку;
2. Виконати порівняльну характеристику методів моделювання АПП за встановленими критеріями;
3. Зробити обґрунтований вибір методу моделювання для дослідження СЗАТ;
4. На основі обраного методу моделювання провести моделювання СЗАТ і показати ефективність обраного методу.

Виклад основного матеріалу

Складним системам керування, якими є також і СЗАТ, властиві ряд особливостей:

- взаємодія частини і цілого;
- ієрархічна впорядкованість;
- необхідне різноманіття;
- розвиток;
- виникнення та формулювання цілей;
- дискретно-неперервний характер роботи;

– функціонування в режимі жорсткого та м'якого реального часу.

Виходячи з вищенаведених особливостей визначені критерії оцінки методів моделювання:

– наочність моделі: здатність моделі бути легко сприйнятою;

– ефективність моделі: відношення результатів моделювання до витрат на створення моделі;

– можливість представлення часових характеристик досліджуваного процесу в моделі;

– можливість параметризації моделі;

– ступінь теоретичного обґрунтування моделі.

Розглянемо основні методи моделювання АПП.

Одним із розповсюджених методів моделювання АПП є метод асинхронних кінцевих автоматів [6]. Кінцевий автомат являє собою п'ятірку $(Y, X, Z, \lambda, \delta)$, де Y – множина внутрішніх станів, X – вектор вхідних даних, Z – вектор вихідних даних, λ – функція переходів, δ – функція виходів. У асинхронного автомату такт формується зовнішніми умовами, його значення визначається часом, упродовж якого стан входу залишається незмінним. Отже, асинхронним автоматом називається такий кінцевий автомат, який при кожній зміні вхідних даних досягає стійкого стану.

Сфера застосування методу асинхронних кінцевих автоматів – асинхронна схемотехніка.

Перевагою методу кінцевих автоматів є можливість мінімізації кількості станів у моделі.

До недоліків методу асинхронних кінцевих автоматів можна віднести:

– складність інтуїтивного розуміння моделі;

– модель набуває значних розмірів, при перевищенні допустимої кількості станів;

– складність композиції та декомпозиції моделі, що складається з декількох кінцевих автоматів;

– відсутність представлення часу в моделі.

Модель Маллера [6] являє собою систему булевих рівнянь $Z_i = f(Z_1, \dots, Z_i, \dots, Z_n)$, $i=1, 2, \dots, n$. Значення всіх змінних Z_1, \dots, Z_n називається станом системи. Для графічного зображення моделі Маллера використовують діаграму переходів.

Модель Маллера, як і метод асинхронних кінцевих автоматів, використовується в асинхронній схемотехніці.

Перевагою моделі Маллера є те, що дана модель дозволяє описати АПП у подробицях з точністю до власних функцій елементів відповідної схеми.

Недоліками моделі Маллера при моделюванні СЗАТ являються:

– відсутність досвіду моделювання систем керування у даній моделі;

– мала ступінь дослідженості даної моделі;

– відсутність наочного представлення про режими функціонування системи.

Метод паралельних асинхронних блок-схем (ПАБС) [6] передбачає представлення досліджуваного процесу алгоритмом. ПАБС являє собою граф із п'ятьма типами вершин: оператор, умовний перехід, збірка, біфуркатор та синхронізатор.

Даний метод моделювання використовується в паралельному програмуванні, а також для опису функціонування АПП. Наприклад, в [12] за допомогою ПАБС надано опис функціонування систем ЕЦ.

Перевагами ПАБС є наочне та ефективне представлення алгоритму функціонування системи.

До недоліків ПАБС можна віднести те, що модель не несе інформацію про структуру системи.

Метод мереж Петрі полягає в представленні досліджуваного процесу у вигляді потоку подій [6, 8]. Зв'язок між подіями встановлюється за допомогою умов. Умови можуть бути або виконані, або не виконані. Подія може відбутися, якщо ви-

конані всі умови, від яких залежить її поява. Мережа Петрі являє собою четвірку: (P, T, I, O, M) , де P – кінцева множина позицій, T – кінцева множина переходів, I – вхідна функція, O – вихідна функція, M – маркування.

Мережі Петрі використовуються для моделювання в багатьох галузях, наприклад: паралельне програмування, схемотехніка, біологія, хімія, економіка та ін.

Характеристику моделюючої потужності мереж Петрі наведено в [7]. Доведено, що за можливостями моделювання мережі Петрі перевершують кінцеві автомати, але поступаються «універсальним» машинам Тюрінга.

Представлення кінцевих автоматів за допомогою мереж Петрі наведено в [8].

Для збільшення можливостей моделювання в мережах Петрі було створено чимало розширених моделей:

- мережі з пріоритетами;
- інгібіторні;
- ієрархічні [7];
- розфарбовані [10];
- стохастичні [9];
- часові.

В [7] доведено, що мережі Петрі з пріоритетами, інгібіторні мережі Петрі та ієрархічні мережі Петрі за своїми моделюючими можливостями еквівалентні машинам Тюрінга.

Розфарбовані та стохастичні класи мереж Петрі дозволяють виконувати параметризацію моделі, тобто використовувати параметри елементів моделі та різноманітні співвідношення між цими параметрами.

На даний час існує декілька методів аналізу мереж Петрі, наприклад за допомогою дерева досяжності або матричних рівнянь [5, 8]. При проведенні аналізу мережі Петрі вирішується головним чином задача досяжності деякого стану в системі.

Таким чином, при моделюванні СЗАТ мережі Петрі мають наступні переваги:

- наочність та інтуїтивне розуміння моделі;
- висока ефективність моделювання, особливо при використанні програмних засобів аналізу моделі;
- можливість представлення часу в моделі;
- можливість параметризації моделі;
- можливість моделювання випадкових процесів;
- можливість створення моделей ієрархічних систем.

Недоліком методу мереж Петрі є те, що при моделюванні складних систем модель набуває значних розмірів.

Деякі недоліки мереж Петрі були зняті в методі АPRO-мереж. Метод АPRO-мереж призначений для моделювання паралельних обчислювальних асинхронних структур. Опис методу АPRO-мереж наведено в [3, 4]. АPRO-мережа являє собою п'ятірку (P, T, F, M, V) , де P – скінченна множина позицій, T – скінченна множина переходів, F – множина ребер, M – маркування, V – множина глобальних змінних.

Перевагами АPRO-мереж є:

- компактність моделі;
- можливість детального опису структури стану системи;
- можливість створення ієрархічних моделей.

Недоліками АPRO-мереж є те, що:

- даний метод мало досліджений;
- відсутній досвід моделювання систем в АPRO-мережах;
- відсутні засоби моделювання.

На основі вищезрозглянутого матеріалу, було створено порівняльну характеристику методів моделювання АПП (Таблиця 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів моделювання АПП

Критерій	Ефективність	Наочність	Можливість представлення часу	Можливість виступати параметризації	Компактність (простота) моделі	Ступінь дослідженості (теоретичне обґрунтування)	Область застосування
Метод моделювання Асинхронні кінцеві автомати	Низька	Низька	Ні	Ні	Залежить від системи, що моделюють	Добре досліджений метод	Мікроелектроніка
З використанням моделі Маллера	Низька	Низька	Ні	Ні	Компактна	Мало досліджений метод	Мікроелектроніка
За допомогою ПАБС	Висока	Висока	Ні	Ні	Залежить від системи, що моделюють	Добре досліджений метод	Програмування, мікроелектроніка
Мережі Петрі	Висока	Висока	Так	Так	Залежить від системи, що моделюють	Добре досліджений метод	Програмування, мікроелектроніка, телекомунікації, хімія, та ін.
APRO-мережі	Висока	Висока	Так	Так	Найбільш компактна	Мало досліджений метод	Обчислювальна техніка

Висновки

Кожний із розглянутих методів моделювання АПП має свої переваги та недоліки і може застосовуватися для вирішення конкретних задач при моделюванні СЗАТ.

Для моделювання систем керування рухом поїздів доцільно використовувати метод мереж Петрі, як найбільш досліджений та такий, що набув широкого використання.

У зв'язку з існуванням різноманітних класів мереж Петрі, в подальшому доцільно визначити, який із цих класів є найбільш ефективним для моделювання СЗАТ.

Література

1. Советов Б. Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
2. Зубова Т. Н. Использование сетей Петри для моделирования процесса принятия управленческих решений / Т. Н. Зубова, Б. Ф. Мельников // Вектор науки ТГУ. – Тольятти.: ТГУ, 2011. – №3(17). – С.33-37.
3. Новотарський М. А. Мережі для моделювання складних систем / М. А. Новотарський // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2006. №2(16). – С. 60-66.
4. Нестеренко Б. Б. Моделирование сложных дискретных систем / Б. Б. Нестеренко, М. А. Новотарский // Математичні машини і системи. – 2007. №3, 4. – С. 111-121.
5. Советов Б. Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
6. Зубова Т. Н. Использование сетей Петри для моделирования процесса принятия управленческих решений / Т. Н. Зубова, Б. Ф. Мельников // Вектор науки ТГУ. – Тольятти.: ТГУ, 2011. – №3(17). – С.33-37.

7. Новотарський М. А. Мережі для моделювання складних систем / М. А. Новотарський // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2006. №2(16). – С. 60-66.

8. Нестеренко Б. Б. Моделирование сложных дискретных систем / Б. Б. Нестеренко, М. А. Новотарский // Математичні машини і системи. – 2007. №3, 4. – С. 111-121.

9. Зайцев Д. А. Математические модели дискретных систем: Учебное пособие / Д. А. Зайцев. – Одесса: ОНАС им. А. С. Попова, 2004. – 40 с.

10. Автоматное управление асинхронными процессами в ЭВМ и дискретных системах / В. И. Варшавский, М. А. Кишиневский, В. Б. Мараховский [и др.]; под ред. В. И. Варшавского. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 400с.

11. Котов В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. – 160с

12. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.

13. Haas P. J. Stochastic Petri Nets: Modelling, Stability, Simulation / P. J. Haas . – New York: Springer-Verlag, 2002. – 509p.

14. Jensen K. Coloured Petri Nets Modelling and Validation of Concurrent Systems / K. Jensen, L. M. Kristensen. – Berlin: Springer-Verlag, 2009. – 384 p.

15. Лескин А. А. Сети петри в моделировании и управлении / А. А. Лескин, П. А. Мальцев, А. М. Спиридонов. – Л.: Наука, 1989. – 133 с.

16. Станционные системы автоматики и телемеханики: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Вл. В. Сапожников, Б. Н. Елкин, И. М. Кокурин [и др.]; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1997. – 432 с.

Анотації:

Ключові слова: асинхронний паралельний процес, моделювання, мережа Петрі

Проведено аналіз методів моделювання асинхронних паралельних процесів. Запропоновано метод для моделювання систем залізничної автоматики і телемеханіки

Проведен анализ методов моделирования асинхронных паралельных процессов. Предложен метод для моделирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики

The analysis of methods of modeling asynchronous parallel processes is carried out. The method for modeling systems of railway automation and telemechanics is proposed.

УДК 396.15(5); 396.18(1)

ЕГОРОВ А.Б., к.т.н, доцент (Украинская инженерно-педагогическая академия);

СОТНИКОВ А.М., д.т.н, профессор (Харьковский университет Воздушных Сил им.И. Кожедуба, Харьков);

РЫБАЛКО И.Ф., к.т.н, доцент (Украинская инженерно-педагогическая академия).

Воздействие мощного электромагнитного излучения на радиоэлектронные средства

Актуальность

Постановка проблемы и анализ литературы.

С целью достижения качественно нового уровня радиолокации, радиосвязи, технологии и решения других технических задач в ряде стран разрабатывают генераторы мощных электромагнитных импульсов. В настоящее время интенсивно разрабатываются генераторы мощных импульсов длительностью от единиц до десятков наносекунд (линейные индукционные ускорители электронов, релятивистские СВЧ-генераторы с виртуальным катодом (виркатеры), релятивистские магнетроны, СВЧ-генераторы на основе сверхразмерных электродинамических структур (черенковские генераторы и генераторы дифракционного излучения). Эти генераторы имеют гигаватную пико-

вую мощность, причем существуют реальные пути ее увеличения в десятки раз [1-5]. Достигнутые и прогнозируемые параметры излучения этих устройств делают их опасными при влиянии на радиоэлектронные системы самого широкого назначения. Это связано с тем, что режим их работы допускает генерацию и излучение в окружающее пространство не только одиночных электромагнитных импульсов, но и их "пакеты" с частотой в тысячи импульсов в секунду и более. При попадании в зону работы таких генерирующих систем других радиоэлектронных средств (РЭС) может произойти не только нарушение процесса приема информации, но и нарушение их функциональной целостности. Воздействие мощного электромагнитного излучения (ЭМИ) на высокочувствительную радиоэлектронную аппаратуру (РЭА) СВЧ диапазона приводит к