

УДК 681.5.004.94

ДЕМЧЕНКО Ф.О., к.т.н., провідний інженер-програміст (ТОВ НВП «Стальенерго»)

Використання імітаційного моделювання при автоматизації тестування складних систем залізничної автоматики

В статті розглянуто аспекти використання імітаційного моделювання у процесі тестування складних систем на залізничному транспорті. Наведено автоматні моделі, які дозволяють імітувати виконавчі пристрої станцій і перегонів у штатному та аварійному режимах. Запропоновано загальну структуру моделі функціонування транспортного вузла.

Ключові слова: тестування, модель, імітаційне моделювання, автомат з пам'яттю, залізничний вузол.

Вступ

Прискорення руху поїздів на залізницях України дало великий поштовх для впровадження новітніх інформаційних технологій. Перехід від релейних схем до мікропроцесорних потребує особливих підходів при розробці та впровадженні.

Одним з багатьох етапів, який проходить система у життєвому циклі, є етап перевірки та тестування. Але розширення функцій систем, складність інформаційні потоки між частинами та зменшення можливості візуального контролю їх внутрішнього стану потребує додаткової уваги від тестувальника. Тому ручне тестування таких систем менш ефективно та потребує більшого часу. Впровадження програмної та апаратної автоматизації в процес тестування є актуальною задачею.

Аналіз публікацій

Аналіз публікацій показав [1, 2, 3, 4] – кожна розробка систем залізничної автоматики не може проходити без етапів тестування. Більшість компаній проводить ретельний контроль розробки з використанням перевірок та тестування. Окремі блоки тестуються у повної мірі, а для системи у комплексі використовуються тільки функціональні методи тестування. Динаміка системи перевіряється коли система встановлюється на об'єкт та за час дослідної експлуатації.

Постановка задачі

Запропонувати автоматні моделі для побудови системи тестування складних систем на базі програмно-апаратних засобів. Запропонувати структуру комплексної моделі для моделювання об'єктів, систем та технологічних процесів залізничного вузла.

Ціллю цієї статті є побудова фундаменту для розробки комплексу тестування складних систем автоматичного та автоматизованого керування на залізничному транспорті.

Тестування як етап розробки систем

Якість системи характеризується набором властивостей, які визначають, наскільки продукт "гарний" з погляду зацікавлених сторін, таких як замовник продукту, кінцевий користувач, розроблювачі й тестувальники продукту, інженери підтримки та інші. Кожний з учасників може мати різні уявлення про систему і про те, наскільки вона гарна або погана, тобто про те, наскільки висока якість продукту. Таким чином, постановка завдання забезпечення якості продукту виливається в завдання визначення зацікавлених осіб, їх критеріїв якості а потім знаходження оптимальної розв'язки, що задовольняє цим критеріям. Тестування є одним з найбільш устояних засобів забезпечення якості розробки систем та входить в набір ефективних засобів сучасної системи забезпечення якості.

З технічної точки зору тестування полягає у виконанні алгоритмів функціонування системи на деякій множині вихідних даних і зверненню одержуваних результатів із заздалегідь відомими (еталонними) з метою встановити відповідність різних властивостей і характеристик системи замовленим властивостям. Як одна з основних фаз процесу розробки системи (Дизайн системи або проект системи - Розробка системи - Тестування), тестування характеризується досить більшим внеском у сумарну трудомісткість розробки системи. Широко відома оцінка розподілу трудомісткості між фазами створення програмного продукту: 40%-20%-40%, із чого випливає, що найбільший ефект у зниженні трудомісткості може бути отриманий насамперед на фазах проектування та тестування. Завданням найближчого майбутнього є рух у бік такого розподілу трудомісткості (60%-20%-20%), щоб сумарна ціна виявлення більшості дефектів прагнула до мінімуму за

рахунок виявлення переважного числа на найбільш ранніх фазах розробки систем.

Складні системи, які використовуються на залізничному транспорті, потребують комплексного підходу до тестування. З однієї сторони для перевірки системи повинно виконуватися функціональне тестування, але перевірка усіх функцій не дає повної картини процесів. З іншого боку, необхідно враховувати динаміку системи, а це неможливо без врахування характеристик об'єкта управління. У більшості випадків об'єкт управління це діючий вузол, ділянка або частина технологічного процесу на залізничному транспорті. Вони частково або у повній мірі забезпечують рух поїздів. Втручання в роботу цих елементів для тестування системи небезпечно та не можливе при виконанні розробки.

Побудова системи потребує багатьох затрат (як коштів, так і часу). Збіг обставин може не дати

перевіряти усю систему в цілому. У такому випадку в системі ставиться апаратна чи програмна заглушка, яка дозволяє проводити тестування. Але це порушує алгоритми функціонування системи.

Враховуючи це для тестування складних систем необхідно використовувати математичні та фізичні моделі для імітації внутрішнього та зовнішнього середовища. Імітаційні моделі дають можливість розширювати можливості тестування.

Імітаційне моделювання залізничного вузла

Враховуючи динаміку складних систем особливу увагу необхідно, також приділяти об'єкту управління системи. Допустимо, що розглядається комплекс пристроїв управління залізничним вузлом. До комплексу об'єктів та пристроїв вузла входять станція та прилеглі до неї перегони (рис. 1).

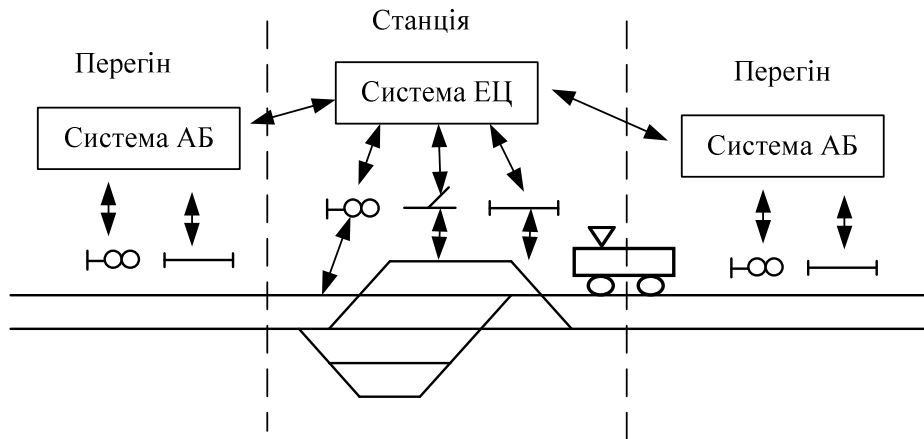


Рис. 1. Спрощена структура залізничного вузла

Необхідно враховувати те, що функціонування такої системи спрямоване на забезпечення руху поїздів. Тобто повинні розглядатися дві узагальнені імітаційні моделі:

- модель потягу;
- модель об'єкту управління (наприклад: залізничного вузла або станції).

Модель транспортного вузла повинна враховувати усі елементи інфраструктури, такі як: колії (неконтрольовані та контрольовані рейковим колом та), стрілки (автоматизовані та неавтоматизовані), світлофори та інше. Для побудови повної моделі вузла необхідна знати поведінку його елементів.

Моделі об'єктів контролю та управління

Для більш детального дослідження функціонування транспортного вузла необхідно враховувати усі елементи які взаємодіють або мають зв'язки між собою в технологічних процесах.

Незалежно від рівня на якому у комплексів знаходиться, об'єкт впливає на процес функціонування. Тобто необхідно виконати декомпозицію об'єкту (тобто станції) для підвищення точності моделювання [5, 6]. Якщо розглядати всі рівні технологічних процесів, то особливу увагу необхідно приділити об'єктам контролю та керування. Необхідно враховувати, що кожний об'єкт має багато параметрів, які змінюються в залежності від внутрішнього стану або стану усього комплексу. Характер функціонування станції є подійним, але у комплексі процеси можуть протікати безперервно. Тобто кожний з цих елементів може бути як логічним, так динамічним.

Колії та стрілки є основними елементами, які забезпечують пересування рухомого складу по станції. Ці елементи можуть включатися до контролю та керування за допомогою засобів автоматизації або ні. При побудові комплексної моделі необхідно враховувати обидва фактори, які впливають на

Одним з елементів, який забезпечує функціонування станції є світлофор. Для забезпечення безпеки по станції використовуються два типи світлофорів: поїзні та маневрові. Класифікація обумовлена їх призначенням. Тобто, поїзні світлофори призначені для керування маршрутами прийому та відправлення, маневрові – для пересувань по станції.

При моделюванні необхідно враховувати те, що маневрові та поїзні світлофори можуть комбінуватися на одній координаті. Тобто від одного світлофора можуть починатися, як маневрові, так і поїзні маршрути (це світлофори на прийомних та відправних коліях станції).

Фактично, світлофор - це набір ламп, який формує світловий сигнал для локомотивної бригади. Кількість таких сигналів та тип обумовлено технологічними процесами та призначенням конкретного світлофора. З однієї сторони лампа має три основних стана: включена, виключена та пошкоджена. Контроль цих станів в старих схемах більш логічний, чім динамічний. Але при моделюванні нових схем управління світлофорів на базі контролерів необхідно враховувати складні сигнали контролю у вимкненому стані.

На основі аналізу доступних схем керування світлофорів було запропоновано автомат з пам'яттю A_{ce} , кінцева множина якого

$$A_{ce} = \{S_0, \dots, S_m\},$$

де m – кількість станів автомату ($m = 7$);

S_i – стан колії.

Граф для автомату A_{ce} показано на рис. 4.

Фактично моделювання світлофора зводиться до визначення сигналів, які подаються на його лампи. Як видно з графу логіка функціонування світлофора залежить від системи яка керує ним, тобто електрична централізація.

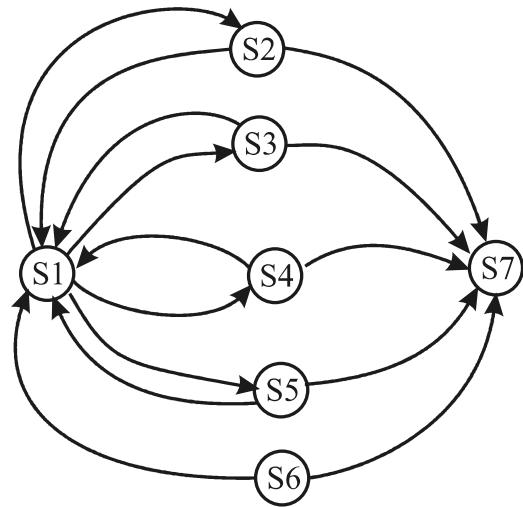


Рис. 4. Граф автоматної моделі станів для світлофора:
 S_1 – закритий; S_2 – відкритий (маршрут на головну колію з зупинкою); S_3 – відкритий (маршрут на головну колію без зупинки); S_4 – відкритий (маршрут на бокову колію з зупинкою); S_5 – відкритий (маршрут на бокову колію без зупинки); S_6 – запрошувальний сигнал;
 S_7 – ушкодження.

Функціонування кожного з елементів керування та контролю є складними процесами, а інтенсивність їх використання залежить від комплексу технологічних процесів на станції.

Моделі об'єктів залізничного транспорту

Імітаційне моделювання не обмежується тільки машинними моделями. Тому необхідно визначити що потрібно для виконання цього типу моделювання [7, 8].

Формування моделі функціонування залізничного вузла виконується на базі декількох моделей (рис. 5).

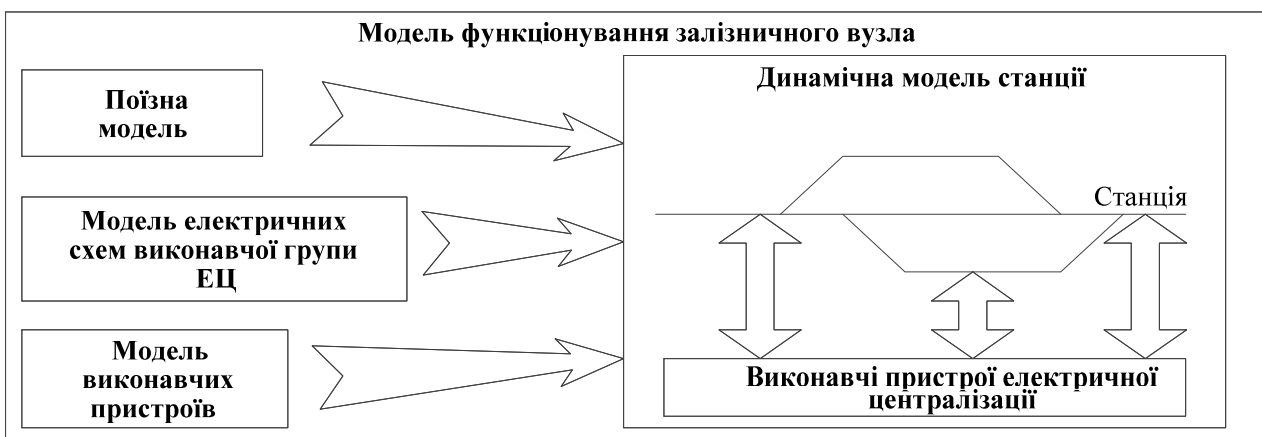


Рис. 5. Структурна схема взаємозв'язків моделей у комплексі моделі функціонування станції

Технологічні процеси на станціях можна віднести до процесів реального часу. Розробка моделей потребує більш деталізованого підходу до динаміки процесів. Фактично це стосується процесів руху поїздів, тому що швидкості руху на теперішній час досягають 200 км/г. При цьому швидкісний поїзд займає короткі рейкові кола від долі секунд до декількох секунд.

Тому необхідно обрати підхід до реалізації візуального моделювання елементів системи. Безпосередньо при моделюванні станцій необхідно врахувати такі елементи:

- станційне обладнання;
- допоміжне обладнання (відповідно до задачі моделювання);
- рухомий склад;
- пасажиропотоки.

Необхідно враховувати [8-10], що візуальне моделювання можливе не тільки у програмному середовищі, а й з використанням апаратних засобів. Це обумовлено тим, що моделювання може використовуватися як на рівні науково-дослідних робіт, так і для вирішення практичних задач.

Складність структури й внутрішні взаємодії обумовлюють характер реакції системи на впливи зовнішнього середовища й траєкторію її поведінки в майбутньому: вона може через деякий час стати відмінною від очікуваної (а іноді навіть протилежною), тому що з часом поведінка системи може змінитися через внутрішні причини. Саме тому доцільно попередньо перевіряти поведінку системи за допомогою моделі, що дозволяє уникнути помилок і невинуватих витрат у сьогоденні та майбутньому.

Висновки

Розглянуто аспекти використання імітаційного моделювання у тестуванні складних систем залізничної автоматики. Запропоновано автоматні моделі виконавчих пристроїв. Сформульовано вимоги до складу імітаційної моделі залізничного вузла.

Література

1. Казимов, Г.А. МПЦ Ebilock 950: сотрудничество ПГУПС и «Бомбардье Транспортейшн (Сигнал)» [Текст] / Г.А. Казимов, //Транспорт Российской Федерации, 2006. - С. 40-41.
2. Перспективы применения платформы SIMIS в системах управления движением поездов на железных дорогах России [Текст]//Железные дороги мира, 2012. -№7 – С. 21-23.
3. Система МПЦ SIMIS W для высокоскоростной линии HSL-ZUID [Текст] //Железные дороги мира, 2007. -№10 – С. 69-73
4. Томашевський, В. М. Моделювання систем - К:Видавництво BVH, 2005 - 352с.

УДК 621.396

5. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Пер. с англ.; под ред. Г. Тега, С. Власенко. — М.: Интекст, 2010.—488 с.
6. Кузьменко, Д.М. Нейромережеве моделювання функцій систем залізничної автоматики [Текст]/ Д.М. Кузьменко, В.С. Блиндюк, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 33-43.
7. Айвазян С. А. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. — М.: Финанси и статистика, 1983. — 471 с.
8. Альянах И. Н. Моделирование вычислительных систем. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. — 223 с.
9. Основы системного анализа и проектирования АСУ: Учеб. пособие / А. А. Павлов, С. Н. Гриша, В. Н. Томашевский и др.; Под общ. ред. А. А. Павлова. — К.: Вища шк., 1991. — 367 с
10. Основы моделирования сложных систем: Учеб. пособие / Под. общ. ред. д-ра техн. наук И. В. Кузьменко — К.: Вища шк., 1981. — 360 с.

Демченко Ф.О. Использование имитационного моделирования при автоматизации тестирования сложных систем железнодорожной автоматики. В статье рассмотрены аспекты использования имитационного моделирования в процессе тестирования сложных систем на железнодорожном транспорте. Приведены автоматные модели, которые позволяют имитировать исполнительные устройства станций и перегонов в штатном и аварийном режимах. Предложена общая структура модели функционирования транспортного узла.

Ключевые слова: тестирование, модель, имитационное моделирование, автомат с памятью, железнодорожный узел.

Demchenko F.O. The use of simulation technique for automated testing of railway automation complex systems.

The article deals with the aspects of the use of simulation technique in the process of complex system testing on rail transport. Automaton models that allow simulating actuating mechanisms of stations and spans in regular operation and emergency modes have been given. A general structure of a transport junction functioning model has been offered.

Key words: testing, model, simulation technique, memory machine, a railway junction.

Рецензент д.т.н., профессор Листровой С.В. (УкрГАЗТ)

Поступила 12.11.2013г.