

УДК 629.07.658

І.М. Невмержицький, А.А. Гризо, О.А. Малишев, В.М. Купрій

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ЗАСОБАМИ ВІЗУАЛЬНО-ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ SIMULINK

У статті розглядаються загальні принципи моделювання елементів систем озброєння радіотехнічних військ (РТВ) засобами візуально-імітаційного моделювання SIMULINK. Запропоновано алгоритм моделювання та наведено приклад створення візуально-імітаційної моделі квадратурного автокомпенсатора активних шумових завод радіолокаційної станції РТВ. Надані рекомендації щодо використання запропонованих ідей для планування та проведення широкого спектра досліджень схем та пристроїв існуючих та перспективних РЛС, а також для значного підвищення ефективності занять технічних університетів.

Ключові слова: візуально-імітаційне моделювання, SIMULINK, квадратурний автокомпенсатор завод.

Вступ

Постановка проблеми. Імітаційне моделювання елементів складних систем озброєння радіотехнічних військ це, на теперішній час, один з найбільш потужних і універсальних методів їх дослідження та оцінки ефективності. У свою чергу, імітаційні моделі елементів систем озброєння являють собою складні програмні продукти, які розробляються на універсальних мовах програмування і потребують від розробника знань не тільки предметної області, до якої відноситься досліджувана система, але й мови програмування, причому на досить високому рівні. Крім цього, при розробці специфічних процедур забезпечення експерименту з використанням цих моделей (генерація випадкових впливів, планування експерименту, обробка результатів) витрачається часу й сил більше, ніж на розробку самої імітаційної моделі системи.

Необхідно також відзначити і той факт, що для вирішення багатьох практичних задачах (як у навчальному процесі технічних університетів, так і при практичній роботі науково-дослідних установ з проектування та дослідження сучасних складних технічних систем) інтерес представляє не тільки (і не стільки) кількісна оцінка ефективності системи, скільки спостереження за її поведінкою в різних умовах (у багатофакторному просторі).

Для такого спостереження розробник (викладач, дослідник) повинен передбачити в імітаційній моделі відповідні «візуально-імітаційні об'єкти», які можна було б за необхідністю закривати, переносити в інші місця, змінювати їх масштаб і форму, причому не дочекавшись кінця модельного експерименту.

Реалізація таких можливостей універсальною мовою програмування та ще й у випадку недостатньої кваліфікації розробника (або необхідності досить швидкого виконання роботи) – справа дуже не проста.

Аналіз літератури. На теперішній час на ринку комп'ютерних технологій пропонується до використання програмний продукт, що дозволяє досить ефективно вирішити вказану проблему – пакет

MATLAB, який має у своєму складі засіб візуально-імітаційного моделювання SIMULINK. Динаміка розвитку цього пакету така, що кожен рік з'являється його нова версія, а навчальна та професійна література не завжди встигає відслідковувати останні зміни та новації.

Існуючі видання, які присвячені опису пакету MATLAB/SIMULINK, орієнтовані перш за все на його використання для вирішення розрахункових задач та аналітичного моделювання [1, 2].

Тому метою даної статті є спроба показати (розширити) можливість практичного використання системи SIMULINK як складової частини пакету MATLAB, для візуально-імітаційного моделювання елементів систем озброєння радіотехнічних військ.

Для підтвердження результатів такої спроби, в статті запропоновано алгоритм процесу створення візуально-імітаційної моделі (ВІМ) квадратурного автокомпенсатора активних шумових завод радіолокаційної станції РТВ.

Основна частина

При традиційному підході до імітаційного моделювання, на першому етапі здійснювалось формування математичної моделі із опису у вигляді структурної схеми [3]. Потім програма записувалась на універсальному мові програмування. Це, як правило, призводило до синтаксичних помилок запису алгоритму на мові програмування. Постійно необхідно було вносити зміни, виправлення та повторно здійснювати процес програмування, на це все потрібно було витрачати велику кількість часу.

В системі візуально-імітаційного моделювання SIMULINK принципово змінений характер вимог до математичного забезпечення та для управління всім ходом процесу створення імітаційної моделі [1 – 4].

Представлення у вигляді структурної схеми об'єкта моделювання не потребує написання коду програми. Програмування практично зведено до мінімуму у зв'язку з наявністю в даному пакеті розширення бібліотек готових програм, які можна до-

силь вдало використовувати для побудови ВІМ.

Системи озброєння радіотехнічних військ – це складні системи, що являють собою сукупність взаємопов'язаних між собою елементів та підсистем, які забезпечують виконання системою деякої складної функції. У якості приклада можна навести систему захисту РЛС РТВ від активних шумових завад (АШЗ).

При створенні ВІМ елементів таких систем з використанням засобу моделювання SIMULINK передбачалося, що даний засіб повинен задовольняти наступному мінімальному набору вимог: інструментарій пакету SIMULINK повинен відповідати вирішуваній задачі візуально-імітаційного моделювання систем, моделі яких представлені у вигляді структурної схеми; найбільш повно надавати користувачеві можливість одержання необхідного набору оцінок характеристик досліджуваної системи з необхідною точністю і вірогідністю; гнучкість моделі повинна давати можливість відтворення різних ситуацій при варіюванні структури, алгоритмів і параметрів досліджуваної системи; структура SIMULINK-моделі повинна бути блоковою, тобто допускати можливість заміни, додавання і виключення деяких частин без переробки всієї моделі; програмні і технічні засоби повинні забезпечувати ефективну (по швидкодії і пам'яті) машинну реалізацію SIMULINK-моделі і зручне спілкування з нею користувача [2].

Процес моделювання елементів систем озброєння радіотехнічних військ засобами візуально-імітаційного моделювання SIMULINK наведений у вигляді алгоритму на рис. 1.

Алгоритм наочно відображає основні загальні етапи процесу моделювання. Він може бути розширеним в залежності від складності системи.

Далі розкриті найбільш важливі етапи процесу моделювання.

Розбиття складної системи на підсистеми (декомпозиція) є одним з перших кроків при побудові її формального опису. У якості підсистеми слід розуміти самостійну частину складної системи (сукупність елементів), мета функціонування якої підпорядкована загальній меті функціонування системи.

З метою отримання необхідної інформації про моделюєму підсистему необхідно створити її концептуальну (змістовну) модель, яка повинна відображати як структуру підсистеми, так і процеси функціонування її елементів у часі (алгоритм функціонування підсистеми).

Таким чином, необхідно провести структурний та функціональний аналіз об'єкта моделювання.

В основі структурного аналізу підсистеми лежить аналіз її структурної схеми. Структурна схема описує математичну модель, де функціональні елементи та їх взаємозв'язки повністю визначені.

Аналіз необхідно проводити з використанням технічної документації, що розкриває структуру підсистеми та її складових частин (елементів).

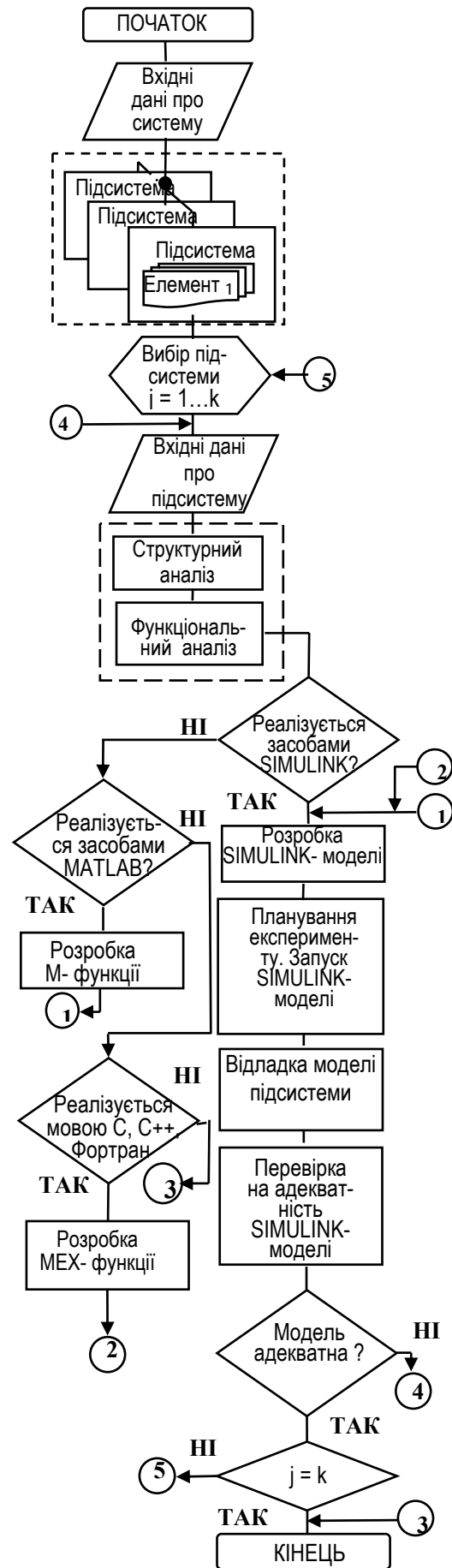


Рис. 1. Алгоритм процесу моделювання елементів систем озброєння РТВ

В основі функціонального аналізу підсистеми лежить аналіз її функціональної схеми (аналіз алгоритму роботи кожного елемента підсистеми і підсистеми взагалі). Аналіз необхідно проводити з використанням технічної документації, що розкриває принципи функціонування підсистеми та її складових частин (елементів).

Після створення концептуальної моделі підсистеми переходять безпосередньо до етапу створення візуально-імітаційної моделі засобами SIMULINK.

Бібліотека компонентів SIMULINK містить більше 100 візуальних математичних, дискретних та інших блоків (компонентів). Компонент – це математична модель, яка описує конкретний елемент підсистеми або його ідеальне уявлення. Компоненти описуються набором параметрів, які можна змінювати.

Якщо наявні у бібліотеці компоненти не дозволяють реалізувати засобами SIMULINK модель елемента підсистеми, то є можливість провести моделювання завдяки M – мові системи MATLAB.

Створені завдяки M – мові системи MATLAB коди M-функцій можуть зберігатися у текстовому файлі і працювати без проміжної стадії компіляції в машинний код.

Якщо ж реалізація моделі завдяки внутрішнім засобам системи MATLAB неможлива або досить складна, то є можливість такої розробки на зовнішній по відношенню до пакету MATLAB мові програмування C, C++, Фортран. При цьому створюються так звані MEX-функції (M – від MATLAB, EX – від External). Для генерації власної MEX-функції необхідно мати транслятори: Microsoft Visual C/C++, Borland C/C++Builder.

Для проведення експерименту на основі використання SIMULINK-моделей необхідно мати комплекс засобів для візуально-імітаційного експерименту: методичні матеріали у вигляді опису експерименту; програмне та інструментальне забезпечення (пакет MATLAB з пакетом розширення SIMULINK+ПЕОМ з програмним середовищем Windows).

Відладка SIMULINK-моделі. Здійснюється завдяки інтерактивному відладчику SIMULINK Debugger, що являє собою програмний засіб виявлення помилок та управління ходом виконання програмного коду. Можливо встановлювати режим відладки для різних елементів структурної схеми підсистеми.

Адекватність SIMULINK-моделі – це ступінь відповідності моделі тому реальному явищу або підсистемі, для відображення якої вона створюється. Якщо у якості еталону використовувати концептуальну модель досліджуваної підсистеми, то оцінка адекватності SIMULINK-моделі полягає у перевірці того, наскільки коректно вона відображає концептуальну модель.

Створені завдяки пакету моделювання SIMULINK візуально-імітаційні моделі найбільш

повно реалізують «класичну» технологію імітаційного експерименту, включаючи його планування й обробку результатів. В основі побудови даних моделей лежить метод drag – and – drop («перетягнути і залишити») [1 – 2]. У якості «цеглинок» для синтезу SIMULINK-моделі використовуються модулі (блоки), що зберігаються в бібліотеці SIMULINK. Блоки, що включаються в створювану модель, зв'язані один з одним, як за інформацією, так і за керуванням. Тип зв'язку залежить від типу блоку і логіки роботи моделі. Дані, якими обмінюються блоки, можуть бути скалярними величинами, векторами або матрицями довільної розмірності. SIMULINK-модель може мати ієрархічну структуру, тобто складатися з моделей більш низького рівня (число рівнів ієрархії для пакета SIMULINK не обмежено). Крім того, у даній моделі використовуються модулі, усередині яких розташовуються підсистеми (субмоделі).

Такий принцип конструювання складних моделей дає ряд важливих достоїнств: мається можливість розбиття загальної задачі, яка розв'язується системою, на ряд більш дрібних задач, які розв'язуються підсистемами; кожна підсистема може налагоджуватися (досліджуватися) окремо і використовуватися в загальній системі вже після налагодження; істотно спрощується вид основної моделі за рахунок виключення з неї другорядних блоків; полегшується модифікація загальної моделі за рахунок модифікації її більш простих підсистем.

Для підтвердження працездатності запропонованого алгоритму моделювання наведено кінцевий результат розробки – ВІМ квадратурного автокомпенсатора активних шумових завад радіолокаційної станції РТВ. Зовнішній вигляд вікна моделювання SIMULINK та ВІМ квадратурного автокомпенсатора активних шумових завад радіолокаційної станції РТВ наведена на рис. 2.

Робота на реальній матеріальній частині РЛС вимагає великих витрат часу на підготування експерименту. Як видно з рис. 2, при застосуванні пакету SIMULINK, досліджувана схема автокомпенсатора готується заздалегідь та зберігається в пам'яті ПЕОМ або на магнітному носії. Безпосередньо на робочому місці (за екраном ПЕОМ) можна створювати (моделювати) тестову різноманітну повітряну та заводову обстановку і, виходячи з конкретних умов обстановки вибирати найбільш придатний для спостереження сигналів режим роботи апаратури.

Практична робота з електротехнічними схемами та із засобами вимірювань неможлива без помилок, а помилки в реальній лабораторії часом дуже дорого обходяться.

Працюючи з SIMULINK програмою, експериментатор (дослідник) застрахований від поразки струмом, а прилади не вийдуть із ладу через неправильно зібрану схему. Завдяки цій програмі в розпорядженні користувача є такий широкий набір приладів, який не входить до комплексу РЛС.

Simulink-модель автокомпенсатора АШЗ РЛС РТВ

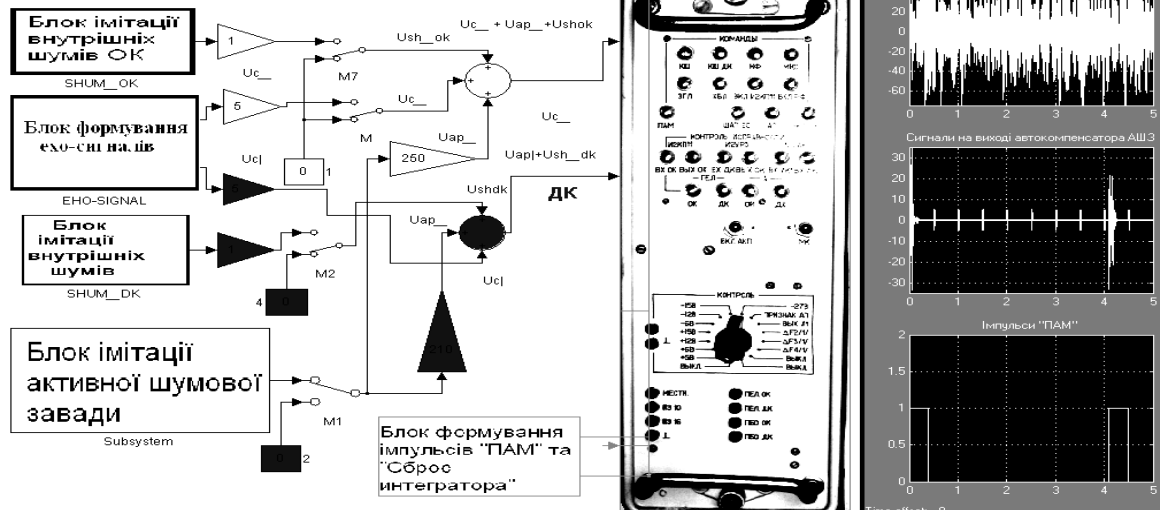


Рис. 2. Візуально-імітаційна модель квадратурного автокомпенсатора активних шумових завод радіолокаційної станції РТВ

Висновки

1. Завдяки використанню SIMULINK-моделей елементів систем озброєння РТВ існує можливість для планування та проведення широкого спектра досліджень схем та пристроїв існуючих та перспективних РЛС при мінімальних витратах часу та коштів.
2. Використання SIMULINK-моделей при проведенні занять в технічних університетах буде сприяти розвитку творчих здібностей студентів (курсантів) за рахунок індивідуалізації навчання та появи можливості самостійно виконувати та пробувати свої технічні рішення, що перетворює навчальний процес у захоплююче заняття.
3. Запропоновані ідеї використання у навчальному процесі технічних університетів SIMULINK-моделей тісно пов'язані з технологією візуалізації навчальної інформації, за рахунок якої вдається значно підвищити ефективність занять за рахунок одночасного сприйняття мовної і візуальної інформації,

наочної ілюстрації положень, про які йде мова на занятті.

Список літератури

1. Дзэни Дж. *Simulink® 4. Секреты мастерства: пер. с англ. М.Л. Симонова.* – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.
2. Черных И.В. *SIMULINK: среда создания инженерных приложений / под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина.* – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 496 с.
3. Советов Б.Я. *Моделирование систем: учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев.* – М.: Высш. шк., 1985. – 271 с.
4. Удосконалення викладання військово-технічних дисциплін шляхом використання технології візуалізації навчання / І.М. Невмержицький, А.А. Грызо. *Навчально-виховний процес: методика, досвід, проблеми: науково-методичний зб. XV ПС, 2007.* – №3-4 (105-106). – С. 29-34.

Надійшла до редколегії 27.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, доц. Р.С. Пашенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВООРУЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЙСК СРЕДСТВАМИ ВИЗУАЛЬНО-ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ i SIMULINK

И.М. Невмержицкий, А.А. Грызо, А.А. Малышев, В.Н. Куприй

В статье рассматриваются общие принципы моделирования элементов систем вооружения радиотехнических войск (РТВ) средствами визуально-имитационного моделирования SIMULINK. Предложен алгоритм моделирования, та приведен пример создания визуально-имитационной модели квадратурного автокомпенсатора активных шумовых помех радиолокационной станции РТВ. Приведены рекомендации по использованию предложенных идей для планирования и проведения широкого спектра исследований схем та устройств существующих и перспективных РЛС, а также для значительного повышения эффективности занятий технических университетов.

Ключевые слова: визуально-имитационное моделирование, SIMULINK, квадратурный автокомпенсатор помех.

MODELLING OF ELEMENTS OF WEAPONS OF RADIO ENGINEERING ARMIES BY MEANS OF VISUAL - IMITATING MODELLING i SIMULINK

I.M. Nevmerzhitsky, A.A. Gryzo, A.A. Malyshev, V.N. Kupry

In article the common principles of modelling elements of systems arms of radio engineering armies (RTV) are considered by means of visual - imitating modelling SIMULINK. The algorithm of modelling is offered, that the example of creation of visual - imitating model the self-balancing potentiometer active clutter of radar station RTV is resulted. Recommendations on use of the offered ideas for planning and carrying out of a wide spectrum of researches of circuits that of devices existing and perspective radar station, and also for substantial increase of efficiency of employment of technical universities are resulted.

Keywords: visual - imitating modelling, SIMULINK, self-balancing potentiometer of clutter.