

УДК 519.718:004.052

В.В.Лотиш, П.О.Гуменюк

Луцький національний технічний університет

ОГЛЯД СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ТП І АСУ ТП

У статті проаналізовані існуючі системи автоматизованого моделювання надійності та безпеки ТП і АСУ ТП.

Ключові слова: *автоматизоване моделювання, надійність та безпека ТП і АСУ ТП.*

Надійність сучасних автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) є важливою складовою їх якості і необхідною умовою забезпечення безпеки об'єктів. Оцінка надійності і безпеки АСУТП передбачена вимогами державних та міжнародних стандартів нормативних документів. Готовність організацій і підприємств, що розробляють і експлуатують АСУТП, виконувати аналіз їх надійності і безпеки є обов'язковою умовою державної та міжнародної сертифікації. Аналіз надійності та безпеки необхідний практично на всіх етапах життєвого циклу АСУТП і перш за все на стадії проектування. Головною метою такого аналізу є своєчасне отримання достовірної інформації, що необхідна для вироблення, обґрунтування і реалізації проектних рішень.

Для вирішення завдань автоматизації необхідно мати функціональну модель, що включає декомпозицію функцій до елементарних операцій, опис інформаційної взаємодії і управління процесом вирішення всіх завдань, а також перелік необхідних ресурсів. При відборі використовується параметрична оптимізація, що має на меті визначення значень керованих параметрів проектного об'єкту, найкращих з позицій вибраних критеріїв, за умови дотримання заданих обмежень і при фіксованій структурі технологічного процесу. Критерієм відбору на кожному структурному рівні є кількісна оцінка об'єкту.

Декомпозиція виявляє повний набір структурних елементів, кожен з яких представлений як блок. Кожен з цих підмодулів може бути декомпозований подібним же чином для детальнішого представлення. У один і той же проміжок часу в різних структурних одиницях здійснюється безліч операцій. У кожній з них можуть бути виділені складові, що виконуються у відповідних структурних підрозділах всіх рівнів.

Як об'єкт аналізу сучасні АСУТП характеризуються рядом особливостей, які необхідно враховувати при моделюванні і розрахунку показників їх надійності і безпеки. Найбільш істотні з них наступні:

1. Сучасні АСУТП складаються, як правило, з великої кількості елементів (до декількох сотень і навіть тисяч).

2. Складні АСУТП характеризуються великою різноманітністю видів складових їх елементів: технічних, забезпечення, ініціюючих подій аварій і ін.

3. Структури сучасних АСУТП характеризуються високою складністю, часто не зводяться до простих послідовно-паралельних з'єднань елементів, не описуються деревами відмов і подій, можуть містити циклічні (місткові) зв'язки, багатофункціональні елементи, вбудовані підсистеми, елементи із залежними відмовами, з множинними станами і т.д.

4. У АСУТП небезпечних виробничих об'єктів відмови елементів можуть приводити до виникнення різних аварійних ситуацій, тому аналіз їх надійності і безпеки часто потрібно виконувати спільно.

5. Сучасні АСУТП, як правило, є багатофункціональними, що приводить до необхідності будувати моделі і аналізувати їх надійність і безпеку як за безліччю окремих головних функцій і аварійних ситуацій, так і за різними комбінаціями умов їх реалізації і системі в цілому.

6. Для вироблення і обґрунтування проектних рішень необхідний аналіз надійності і безпеки безлічі різних варіантів структурної побудови, організації, режимів і умов роботи, складних АСУТП, для кожного з яких потрібна побудова відповідних математичних моделей і розрахунку показників [1].

Теоретичною основою технології автоматизованого структурно-логічного моделювання є загальний логіко-ймовірнісний метод (ЗЛЙМ) моделювання і розрахунку надійності, живучості і

безпеки структурно і якісно складних системних об'єктів і процесів. У ЗЛІМ розрахунку надійності апарат математичної логіки використовується для первинного графічного і аналітичного опису умов реалізації функцій окремими елементами та їх групами в проєктованій системі, а методи теорії ймовірності і комбінаторики застосовуються для кількісної оцінки безвідмовності і небезпеки функціонування проєктованої системи в цілому. Для використання ЗЛІМ повинні задаватися спеціальні структурні схеми функціональної цілісності досліджуваних систем, логічні критерії їх функціонування, ймовірнісні і інші параметри елементів.

Існуючі моделі призначені для розрахунків та досліджень окремих параметрів системи: резервних елементів, безвідмовності, параметру потоку відмов та ін. На сьогодні існує ряд методик та програмних комплексів, що дозволяють виконати подібні розрахунки. До них відносяться ПК Risk Spectrum, Relex та ін. Розглянемо деякі детальніше.

Найбільш потужними та універсальними серед відомих програмних систем у даній галузі є розробка RELEX Software Corp. (USA) – RELEX [2].

До складу програмного комплексу (ПК) Relex входять 8 аналітичних модулів:

- Прогнозування Безвідмовності (Reliability Prediction).
- Прогнозування Ремонтопридатності (Maintainability Prediction).
- Аналізу Видів, Наслідків і Критичності Відмов (Fmea/fmeca).
- Блок-Схеми Надійності (Reliability Block Diagram).
- Дерева Відмов/Подій (Fault Tree/event Tree).
- Марківський Аналіз (Markov Analysis).
- Статистичний Аналіз (Weibull Analysis).
- Оцінка вартості терміну служби (Life Cycle Cost).

ПК Relex може формуватися з довільної кількості взаємодіючих і розділяючих єдину базу даних модулів.

Модуль блок схем надійності (RBD) призначений для дослідження надійності і продуктивності резервованих, відновлюваних систем з довільними законами розподілу випадкових часів роботи повністю і відновлення елементів. Обчислювальний блок модуля здійснює розрахунок показників безвідмовності, готовності і продуктивності аналітичними методами і статистичним Монте-Карло моделюванням з прискоренням.

При розрахунках надійності і продуктивності в RBD можливий облік наступних чинників:

- вигляд резервування (постійне, заміщенням, ковзаюче);
- ймовірність і час успішного підключення резерву;
- навантаженість резерву;
- механізм прояву відмови;
- різні стратегії відновлення;
- наявність профілактичного обслуговування і технічних оглядів.

Результатом роботи RBD є обчислення наступних показників:

- ймовірність безвідмовної роботи;
- середнє напрацювання до відмови;
- інтенсивність відмов системи;
- коефіцієнт готовності (стаціонарний, нестаціонарний);
- параметр потоку відмов; середнє число відмов;
- середнє напрацювання на відмову; продуктивність і ін.

Для розрахунку складних, але декомпозиюючих систем, в RBD реалізована вкладеність блоків – кожен блок може бути представлений іншою RBD, причому міра вкладеності обмежується лише об'ємами оперативної пам'яті. Взаємодія RBD з іншими модулями Relex здійснюється через зв'язок блоків з відповідними об'єктами (елемент або збірка з модуля Прогнозування Безвідмовності, об'єкт дерева відмов).

У основі методології моделювання і розрахунку показників надійності і безпеки за допомогою ПК Risk Spectrum лежить апарат логіко-ймовірнісних методів, що використовують в якості засобу побудови графічних моделей безпеки (надійності) дерева подій (ДП) і дерева відмов (ДВ). Під деревом подій розуміється графічна модель, що описує логіку розвитку різних варіантів аварійного процесу, що викликається даною початковою (ініціюючою) подією аварії (ПП). У ПК Risk Spectrum ДП представляється у вигляді таблиці, що містить рядок заголовків, поле, в якому поміщений розімкнений бінарний граф (власне дерево подій), кількох стовпців з

характеристиками кінцевих станів модельованого об'єкту, що реалізуються в процесі здійснення аварійних послідовностей. У заголовку 1-го стовпця таблиці вказується позначення ПП (групи ПП). У подальших заголовках стовпців зліва направо розміщуються назви і умовні позначення проміжних подій, відповідних успішному або неуспішному виконанню функцій безпеки, працездатним або відмовним станам систем безпеки або окремих компонентів (устаткування і технічних засобів), правильним або помилковим діям персоналу. У стовпцях, що характеризують кінцеві стани, вказуються номери КС, їх умовні позначення, типи КС (наприклад, КС з пошкодженням активної зони – CD), вірогідність реалізації, можливо, логічні формули, відповідні даним аварійним послідовностям (АП).

За допомогою аварійних послідовностей на ДП відображуються варіанти розвитку аварійного процесу. При цьому під АП розуміється послідовність подій, що приводять до деякого кінцевого стану об'єкту, що включає висхідну подію аварії, успішні або неуспішні спрацьовування систем безпеки і дії особового складу (персоналу) в процесі розвитку аварії.

Російських розробників на ринку представляє програмний комплекс «АСОНИКА-К». Програмний комплекс створений в забезпечення ГОСТ Р В 20.39.302-98 і рекомендований РД В 319.01.05-94, ред. 2-2000, візуальне середовище забезпечення надійності радіоелектронної апаратури призначене для автоматизації виконання заходів "Програми забезпечення надійності при розробці" і управління надійністю виробів на ранніх етапах проектування.

Особливості:

- доступність як фахівцям в області надійності, так і безпосередньо інженерам-схемотехнікам і конструкторам;
- візуалізація представлення схеми розрахунку надійності виробів, результатів розрахунків характеристик надійності і їх аналізу;
- об'єднання розробників апаратури за інформаційною ознакою, інтерактивний обмін даними при функціонуванні підсистеми в локальних або глобальних мережах;
- захист інформації користувачів від несанкціонованого доступу.

Основні функції:

- Розрахунок повної номенклатури показників безвідмовності відновлюваних і невідновних виробів.
- Розрахунок показників збереження виробів, до складу яких входять ЕРВ вітчизняного і зарубіжного виробництва.
- Розрахунок надійності виробів на основі даних, приведених у вітчизняних довідниках "Надійність ЕРВ", "Надійність зарубіжних аналогів" (редакція 2004 р.), спеціалізованому довіднику ФГУП "НДІ ТП" по компонентам комп'ютерної техніки, американському довіднику Mil-hdbk-217f (включаючи Notice 1, Notice 2) і китайському довіднику GJB 299.
- Розрахунок надійності виробів, схема розрахунку надійності яких містить різні види з'єднання складових частин (резервування, галуження і ін.) і способи контролю їх працездатності (безперервний, періодичний і ін.).
- Розрахунок експлуатаційної інтенсивності відмов ЕРВ з врахуванням механічних режимів роботи (дій вібрації, ударів і ін.).
- Розрахунок функцій параметричної чутливості показників надійності виробів до зміни коефіцієнтів математичних моделей експлуатаційної інтенсивності відмов і режимів роботи ЕРВ.
- Аналіз результатів розрахунків і синтез рекомендацій, направлених на забезпечення необхідного рівня надійності.
- Створення і ведення архіву проектів і використання цих проектів (частково або повністю) для новостворюваних або таких, що модифікуються виробів.
- Імпорт даних з промислових вітчизняних і закордонних CAD- і cae-систем (PCAD, TRİANA і ін.) і експорт даних в програмні засоби автоматизованого випуску карт робочих режимів як безпосередньо, так і в рамках pdm-систем.

Теоретичною основою комплексу «АРБІТР» є загальний логіко-ймовірнісний метод (ЗЛІМ) аналізу структурно-складних системних об'єктів і процесів різних видів, класів і призначення. Програмний комплекс призначений для автоматизованого моделювання і розрахунку показників надійності структурно-складних систем, включаючи об'єкти використання атомної енергії (ОБАЕ) і інші небезпечні виробничі об'єкти, а також автоматизованого моделювання і розрахунку

вірогідності виникнення (невиникнення) аварійних ситуацій і аварій небезпечних виробничих об'єктів, включаючи ОВАЕ.

У комплексі «АРБІТР» реалізований додатковий (допоміжний) режим наближеного моделювання і розрахунку імовірнісних показників. У наближеному моделюванні реалізована можливість побудови "усічених" логічних функцій, з яких виключені маловірогідні кон'юнкції (шляхи і/або перетини). Наближені розрахунки виконуються по двох методиках: для незалежних відмов елементів (аналог методики, використовуваної в комплексах "Risk Spectrum" і "Saphire-7"), і з врахуванням трьох типів відмов елементів – "відмова на вимогу", "відмову в режимі роботи" і "приховану відмову в режимі чекання" (аналог методики наближених розрахунків, реалізованої в комплексі "CRISS 4.0").

В даний час комплекс АРБІТР дозволяє автоматично будувати математичні моделі і розраховувати показники властивостей надійності, стійкості, живучості, стійкості, технічної ризику, очікуваного збитку і ефективності функціонування структурно-складних систем різних видів, класів і призначення. У АРБІТР використовується новий логічно універсальний графічний засіб структурного опису досліджуваних властивостей систем – схема функціональної цілісності (СФЦ). Логічна повнота апарату СФЦ забезпечена використанням вперше реалізованого повного набору операцій "І", "АБО" і "НЕ". Це дозволило застосовувати в АРБІТР як всі існуючі монотонні технології моделювання надійності і безпеки систем (блок-схеми, графи зв'язності, дерева відмов і дерева подій), так і нову технологію автоматизованої побудови немонотонних моделей складних системних об'єктів і процесів.

Описані вище комплекси дозволяють виконувати розрахунок основних показників надійності складних систем, але вони не надають рекомендації по оптимізації структури за різними критеріями оптимальності. Тому важливим питанням залишається розробка підходів, щодо оптимізуватимізації таких систем з точки зору потреб користувача у даний момент часу чи у даний ситуації.

1. Волчкевич Л. И. Надежность автоматических линий.- М.:Машиностроение, 1969.
2. Бойко Л.С. До питання розрахунку надійності систем автоматичного керування.- Луцьк: ЛНТУ, 2009.