

УДК 519.688

Н.В. ДЖЕНЮК

*Національний технічний університет «ХПІ», Україна***ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЖИВУЧОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Проведено аналіз існуючих критеріїв оцінки живучості складних систем в умовах зовнішніх деструктивних впливів та методів її підвищення. Запропоновано підхід до оцінки рівня живучості систем, який дозволяє провести розрахунки рівня живучості на ґрунті визначення максимальної кількості працездатних структур системи, та оптимізувати структуру системи на етапі її проектування.

Ключові слова: живучість, технічна система, складна система, ймовірність, коефіцієнт живучості, деструктивний вплив.

Вступ

Галузі застосування технічних систем критичного призначення вимагають створення живучих систем. Причому засоби підвищення живучості повинні застосовуватися безпосередньо під час проектування, а живучість системи повинна оцінюватися з урахуванням можливого застосування системи і для вирішення конкретного класу задач. Живучість є притаманною властивістю систем високої складності. Її визначають не тільки в разі деструктивних зовнішніх впливів, але і в звичайних умовах, завдяки складній структурі і поведінці системи. Важливою задачею при створенні подібних систем є вибір їх структури. Це визначає склад елементів системи із відповідними взаємозв'язками та з урахуванням динаміки їхнього функціонування.

Аналіз літератури. Постановка задачі.

В залежності від способу організації технічної системи необхідно визначити критерії оцінки і засоби підвищення живучості незалежно від типу системи, а також визначити найбільш ефективні засоби підвищення рівня живучості. Під живучістю технічної системи розуміємо властивість системи адаптуватися до нової ситуації і протистояти шкідливим впливам, виконуючи свої функції за рахунок відповідної зміни своєї структури і поведінки. Технічні системи високої складності орієнтовані на виконання специфічних задач. Будь-якій складній системі притаманні наступні ознаки: складність функцій, що виконуються системою та спрямовані на досягнення певної мети функціонування; можливість розбивання системи на підсистеми, дії яких направлені на виконання функцій всієї системи; велике число взаємопов'язаних і взаємодіючих між собою елементів; взаємодія із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах впливу випадкових чинників; управ-

ління розгалуженою інформаційною мережею і інтенсивними потоками інформації. Дослідження властивостей окремих компонентів складної системи здійснюється з метою визначення поведінки всієї системи, стосовно оцінки живучості, з урахуванням взаємодії між її компонентами [1].

Живучість, як властивість складних систем, можна розглядати на різних рівнях організації системи: на рівні елементів, на рівні підсистем і на рівні системи в цілому. Засоби забезпечення живучості повинні застосовуватися безпосередньо під час проектування системи. Чим досягається побудова оптимальної за заданими критеріями живучості системи, що знижує витрати на її створення. Оптимізація функціонування складних ієрархічних систем пов'язана з оптимізацією структури таких систем. До задач синтезу структури складних систем відносять визначення оптимального числа, розташування і варіантів побудови елементів системи, вибір заходів по забезпеченню необхідної живучості систем.

При розробці будь-якої технічної системи, що містить в своєму складі керуючий процесор або управляється зовнішнім комп'ютером, слід розглядати надійність роботи системи в цілому. При цьому необхідно визначити обсяг заходів по захисту її від зовнішніх завад, що можуть призвести до відмови систем. Заходи по захисту від деструктивних зовнішніх впливів, які пов'язані з втратою нею її специфічних функцій, які не можна відновити, можна поділити на два основних напрямки.

Насамперед це заходи, що спрямовані на послаблення зовнішнього впливу. Зокрема це стосується зменшення його рівня, часу дії, частоти повторюваності. І, по-друге, заходи, що спрямовані на компенсацію наслідків поразки окремих елементів системи, відновлення її функцій у повному або частковому (але припустимому) обсязі.

Заходи другого напрямку, в свою чергу, можна поділити на два рівня за місцем їх реалізації. Це стосується рівня програмних чи апаратних засобів. При аналізі живучості технічної системи розглядається структурна і функціональна живучість і, відповідно, існує декілька видів моделей аналізу: теоретико-ігрові, ймовірнісні, детерміновані та графові. При дослідженні структурної живучості найбільш придатним є використання графових моделей [2].

Метою статті є розробка науково-обґрунтованого підходу до визначення оптимального співвідношення ієрархічних рівнів апаратних ресурсів, що забезпечують живучість системи в умовах зовнішніх деструктивних впливів.

Основна частина

Для того, щоб єдиним чином описати функціонування системи на всіх рівнях, зручно використовувати її представлення у вигляді графа. При такому підході систему можна представити у вигляді сукупності вузлів V , які з'єднані один з одним ребрами E . Для апаратної частини системи вузли графа $G(V, E)$ відповідають різноманітним елементам, пристроям, блокам, основними функціями якої є створення, споживання, збереження і перерозподіл інформації. Функцію обробки інформації в абстрактному математичному уявленні можна розглядати як два незалежних процесу. Це споживання однієї інформації і виникнення (створення) іншої. Введемо наступні величини для чисельної характеристики кожного конкретного вузла v графа $G(V, E)$: s – кількість створеної інформації за одиницю часу; t – кількість інформації, що споживається за одиницю часу; z – максимальна кількість інформації, яку може зберігати вузол.

Транспортні функції передачі інформації між вузлами виконують ребра E графа G . В більшості реальних систем канали транспортування інформації не будуть симетричними, тобто пропускна здатність каналу γ в протилежних напрямках не є рівнозначною або в граничному випадку передача інформації можлива тільки в одному напрямку:

$$\gamma(v, u) \neq \gamma(u, v),$$

що означає необхідність використання направленного графа.

Розглянемо систему G , яка складається з елементів $g_i \in G$, $i = 1, 2, \dots, k$, де k – загальне число елементів системи.

На систему діє зовнішній деструктивний вплив F , який можна охарактеризувати специфічним для нього набором ймовірностей поразки вузлів системи:

$$F \Leftrightarrow (p_1, p_2, \dots, p_k).$$

Для того, щоб мати можливість кількісної оцінки і порівняння рівнів живучості різноманітних систем введемо поняття одичної нормованої поразки. $F_{\text{ном}}$ – це така поразка, для якої

$$\sum_i^k p_i = 1. \quad (1)$$

При такому нормуванні, у разі суто локального впливу, при поразці тільки одного елементу системи, $F_{\text{ном}}$ відповідає мінімальному необхідному рівню руйнівного впливу F . Цього рівня достатньо для руйнування одного будь-якого елементу системи. Вплив F , для якого тільки для одного елементу g_i $p_i = 1$ і всіх інших елементів $g \in G$ $p = 0$ будемо називати локальним вражаючим впливом (рис. 1, а).

Інший крайній випадок – деструктивний вплив діє рівномірно на всіх елементи системи:

$$p_1 = p_2 = \dots = p_i = \dots = p_k$$

і відповідно $p_i = 1/k$ для усіх $g_i \in G$ (рис. 1, б).

У загальному випадку $p_1 \neq p_2 \neq \dots \neq p_k$ елементи системи мають різну ймовірність поразки. Елемент (або група елементів) системи, що має максимальну ймовірність руйнування, назовемо епіцентром поразки $p_{\text{еп}} = p_{\text{max}}$. Для розподілу величини ймовірності поразки p серед елементів системи, найбільш типовим, але не обов'язковим, буде розподіл $p = p(g_i)$ за нормальним законом (рис. 1, с).

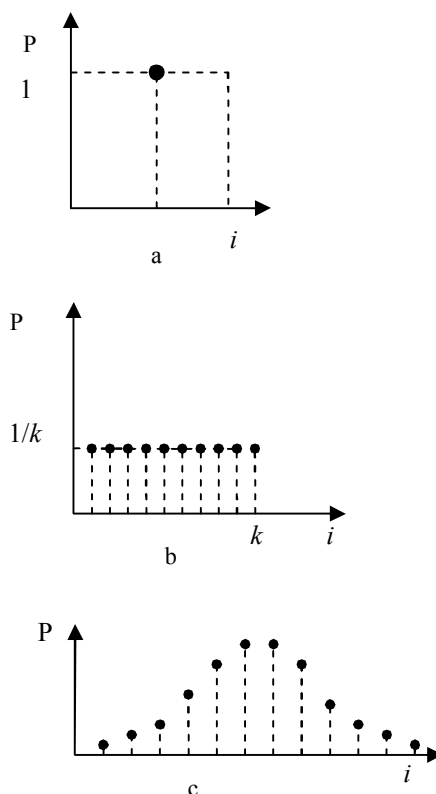


Рис. 1. Розподіл ймовірності при різноманітних видах деструктивного впливу

Система, якій притаманна якість живучості, повинна мати більш ніж один варіант своєї внутрішньої структурної організації, що забезпечує її дієздатність [3]. Кількість наявних в системі дієздатних структур S , що відрізняються одна від одної як мінімум одним елементом $g_i \in G$, позначимо α .

Елемент g_i може належати до декількох структур S . У зв'язку з цим, вихід його з ладу зменшить кількість дієздатних структур на число структур, до яких він належить.

Якщо g_i належить всім структурам із множини S , то його пошкодження призведе до руйнування всієї множини структур. Такий елемент будемо називати стратегічним.

Вочевидь, що пошкодження будь-якого стратегічного елементу системи призведе до повного виходу системи з ладу. При цьому систему не можна відновити за рахунок внутрішньої перебудови.

Введемо показник χ , що характеризує ступінь важливості кожного конкретного елементу g_i . При забезпеченні перебудови системи для компенсації наслідків її поразки і назвемо його коефіцієнтом стратегічності елементу:

$$\chi_i = \frac{n_i}{\alpha}$$

де n_i - кількість дієздатних структур, до яких належить елемент g_i .

Для стратегічного елементу коефіцієнт χ буде найбільшим у порівнянні з іншими елементами системи і рівним 1. Мінімальне значення χ буде рівно $1/\alpha$ для найменш важливих (в сенсі визначення живучості) елементів системи.

Отже, кількісною характеристикою рівня живучості δ буде максимальне число одиничних нормованих поразок, що може компенсувати система за рахунок своєї внутрішньої структурної перебудови.

$$S_\delta = F^{(\delta)}(G) \geq 1$$

Ушкодження, які нанесені одиничною нормованою поразкою F_{norm} , призводить до середньостатистичного зменшення кількості дієздатних структур системи на

$$\alpha_j \cdot \sum p_i \chi_i,$$

де α_j - кількість структур, які залишилися дієздатними. Відповідно, після j -ої поразки F_{norm} кількість α_j залишається рівною:

$$\alpha_j = \alpha_{j-1} \left(1 - \sum_i p_i \chi_i \right) \quad (2)$$

Припустивши, що спочатку існувало α_0 структур та застосувавши ітераційно формулу (2) отримаємо:

$$\alpha_j = \alpha_0 \left(1 - \sum_i p_i \chi_i \right)^j \quad (3)$$

Таким чином, система буде дієздатна, доки $\alpha_j \geq 1$, звідки отримуємо

$$1 = \alpha_0 \left(1 - \sum_i p_i \chi_i \right)^\delta$$

З цього співвідношення отримуємо коефіцієнт живучості у явній формі:

$$\delta = \frac{\ln(1/\alpha_0)}{\ln(1 - \sum_i p_i \chi_i)} \quad (4)$$

На рис. 2 наведена залежність коефіцієнта живучості від числа дієздатних структур, що існували спочатку в системі, для різноманітних значень $\sum p_i \chi_i$. Аналіз даної залежності дозволяє зробити висновок, що на коефіцієнт живучості системи з певного моменту збільшення кількості дієздатних структур істотного впливу не виявляє.

Для систем з більшою кількістю елементів визначення α_0 складає достатньо складну задачу, рішення якої не завжди можна знайти. Тому, використовуючи засіб декомпозиції для рішення складної задачі з наступним об'єднанням результатів аналізу, можна оцінити рівень дієздатності складної системи.

Висновок

Запропонований підхід дозволяє описати будь-який зовнішній деструктивний вплив, незалежно від його фізичної природи і способу взаємодії з системою, за допомогою потужності впливу, епіцентру впливу і середньоквадратичного відхилення. Цей підхід дає можливість визначити стратегічні елементи системи, оцінити рівень живучості системи та оптимізувати при проектуванні її структури в умовах деструктивних зовнішніх впливів.

Література

1. Додонов А.Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем / А.Г. Додоно, М.Г. Кузнецова, Е.С. Горбачик. - К.: Наук. думка, 1990. - 184 с.
2. Цвиркун А.Д. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун, В.К. Акинфиев, В.А. Филиппов. - М.: наука, 1985. - 172 с.
3. Серков А.А. Методы обеспечения живучести систем на ранних стадиях проектирования при деструктивных внешних воздействиях / А.А. Серков, Н.В. Дженюк // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. - 2007. - № 8(27). - С. 257-260.
4. Серков А.А. Принципы распределения функции

защиты между составляющими сложной системы / комп'ютерні системи. – 2008. – № 7(34.) – С. 135-141.
 А.А. Серков, Н.В. Дженюк // *Радіоелектронні і*

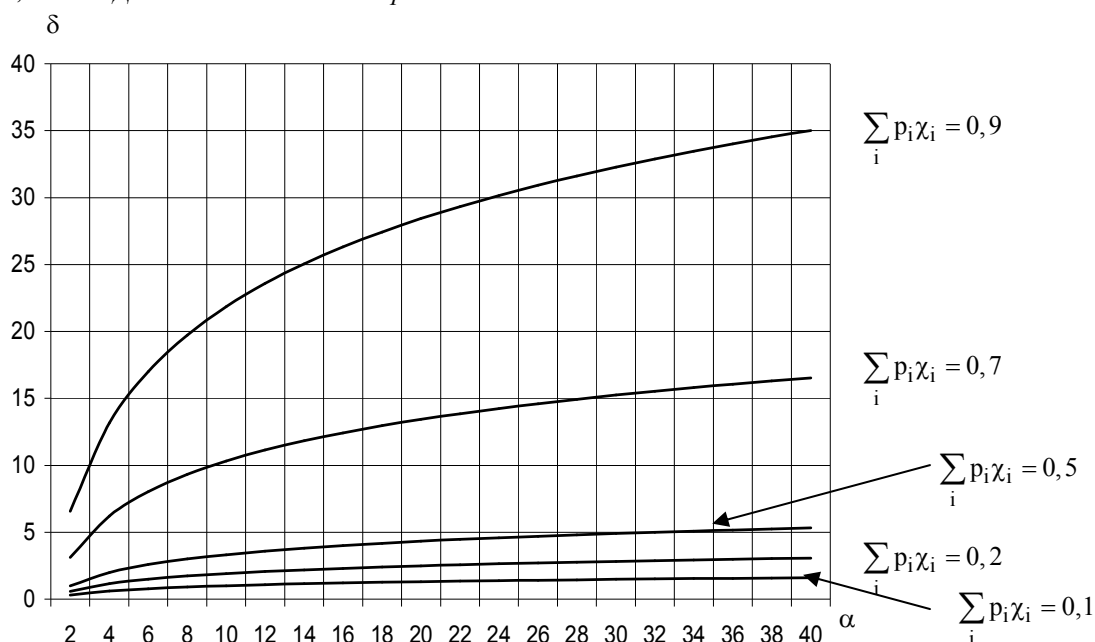


Рис. 2. Залежність коефіцієнта живучості від початкової кількості дієздатних структур

Надійшла до редакції 9.02.2010

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. І.В. Яковенко, Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія», Харків, Україна.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЖИВУЧЕСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.В. Дженюк

Проведен анализ существующих критериев оценки живучести сложных систем в условиях внешних деструктивных воздействий и методов ее повышения. Предложен подход к оценке уровня живучести систем, позволяющий произвести расчеты уровня живучести на основе определения максимального количества работоспособных структур системы, и оптимизировать структуру системы на ранних этапах ее проектирования.

Ключевые слова: живучесть, техническая система, сложная система, вероятность, коэффициент живучести, деструктивное воздействие.

DETERMINING SURVIVABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS FOR CRITICAL APPLICATIONS

N.V. Dzhenuk

Existing criteria of survivability assessment for complex systems exposed to external destructive influences and the methods for its improving are analyzed. An approach consisting in estimation of the survivability based on the maximum number of healthy elements of the system and optimization of its structure in early development stages is proposed.

Key words: survivability, technical systems, complex systems, probability, survivability coefficient, destructive influence.

Дженюк Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры «Системы информации» Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина, e-mail: kmd@kpi.kharkov.ua.