

УДК 004732; 621.396

В. В. ВАСИЛЕНКО, канд. техн. наук;

О. О. ІЛЬІН, доктор техн. наук;

Ю. В. БЕРЕЗОВСЬКА, аспірант;

Р. В. КОСМІНСЬКИЙ, аспірант;

Ю. В. КАРГАПОЛОВ, ст. викладач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЦЕНТРУ ОБРОБКИ ДАНИХ

Розглянуто поняття «функціонально стійка система» і «функціонально стійке управління» центрів обробки даних. Термін «функціональна стійкість» визначається стосовно вирішення частинних завдань: синтезу алгоритму виявлення відмов і синтезу алгоритму парировання відмов.

Розроблено алгоритми забезпечення функціональної стійкості системи управління центру обробки даних та визначення реального технічного стану системи, які утворюють дворівневу систему діагностування відмов і дозволяють здійснити діагностування з різною якістю за різний час, що узгоджується з ієрархічною концепцією організації засобів забезпечення функціональної стійкості систем управління центрів обробки даних.

Перспективними напрямками подальших досліджень може бути розробка нових та удосконалення існуючих методик підвищення рівня функціональної стійкості систем управління центрів обробки даних на основі багатокритеріального синтезу функціонально стійких систем управління, які автономно функціонують за умов впливу зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів.

Ключові слова: функціональна стійкість; система управління; центр обробки даних.

Вступ

Однією з найвагоміших властивостей функціональної стійкості інформаційної системи, зокрема центру обробки даних (ЦОД), є особливість зберігати свій первинний стан за умов зовнішніх впливів. Важливою умовою такої властивості є можливість проведення рекомбінації наявних ресурсів інформаційної системи для збереження рівня функціонування на заданому рівні у разі виникнення будь-яких несправностей, а саме функціональної стійкості. Тому для забезпечення функціональної стійкості інформаційної системи чималого значення набувають такі чинники:

- постійне управління;
- усунення помилок і затримок в оцінюванні стану об'єкта систем управління (СУ);
- чіткість і послідовність дій персоналу.

Систем, які повністю були б захищені від несанкціонованих дій, випадкових відмов, збоїв, помилок персоналу, у реальній дійсності не існує. Тому розгляд підходів щодо забезпечення функціональної стійкості СУ центру обробки даних привертає сьогодні до себе все більшої уваги.

Аналіз останніх публікацій. Розглянемо підходи, які запропонував О. А. Машков [1–4], стосовно конкретизації поняття функціональної стійкості. Існує тісний зв'язок між такими поняттями, як *функціональна стійкість* і *надійність*, *живучість* і *відмовостійкість*. Водночас маємо розуміти принципову різницю між цими поняттями: основні складові функціональної стійкості направлено не на зниження кількості відмов і порушень, а на забезпечення виконання особливо важливих функцій, в яких уже відбулися ці порушення. Утім ці підходи підвищення надійних властивостей систем не суперечать один одному, а навпаки, взаємно доповнюють один одного.

Залежно від типу і призначення системи функціональна стійкість забезпечується різними засобами і видами надмірності, які закладаються в систему при проектуванні та використовуються в процесі експлуатації. Що ж до якісної реалізації функцій системою, то функціональна стійкість системи характеризує її здатність виконувати задані функції з деяким допустимим зниженням якості. Причому вплив на систему може мати як природний, так і умисний характер.

Головною особливістю функціонально стійких систем є їх здатність деградувати на структурному рівні до повної відмови системи, тобто вилучати із структури елементи, що відмовили, перебудовувати структуру, налагоджувати параметри системи для пристосування (адаптації) до нових умов експлуатації.

Розв'язанню задачі забезпечення стійкості функціонування складних систем присвячено низку наукових праць [2–5]. Проте, на наш погляд, основну увагу в них приділено лише вирішенню частинних завдань — побудові резервованих інформаційних систем керування, відмовостійких обчислювальних систем, адаптивних систем управління.

© В. В. Василенко, О. О. Ільїн, Ю. В. Березовська, Р. В. Космінський, Ю. В. Каргаполов, 2019

Уперше поняття функціональної стійкості, що ввів у своїх працях О. А. Машков, було застосовано для складних динамічних об'єктів, опис яких здійснюється за допомогою системи диференціальних рівнянь. Запропонований підхід базується на принципах комплексного забезпечення спостереження, керуваності, ідентифікації динамічних об'єктів. Проте для складних організаційних систем цей апарат неприйнятний [5]. У теорії надійності [6] визначення показників надійності здебільшого ґрунтується на зведенні структури системи до відповідної схеми у вигляді послідовних і паралельних з'єднань модифікованих елементів. Це також не прийнятно для складних організаційних систем із великою кількістю перехресних зв'язків (постійних і випадкових) і взаємовпливом станів окремих елементів на інші елементи, тобто систем із випадковими структурою та зв'язками.

Постановка завдання. У статті розглядаються системи управління ЦОД, основною проблемою яких є забезпечення функціональної стійкості на заданому рівні.

Отже, завдання дослідження нових принципів і методів, ґрунтуючись на які можна удосконалити наявні та створити нові ефективні засоби підтримки якісного функціонування системи управління центрів обробки даних для забезпечення заданого значення функціональної стійкості з мінімальними економічними затратами, є вельми актуальними.

Щоб окреслити нові підходи до вирішення зазначених наукових завдань, проведемо аналіз наявних і перспективних методів забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем.

Основна частина

На початку розвитку теорії функціональної стійкості щодо її підтримки на заданому рівні основні наукові дослідження було спрямовано на покращення технічних характеристик складних технічних систем, які працюють в екстремальних умовах. Це передусім стосується авіаційно-космічних систем. Розвиток елементної бази інформаційних систем дав можливість розширити сферу застосування методів забезпечення функціональної стійкості, наприклад для розподілених систем управління, якою, зокрема, є система управління ЦОД.

Розподілена система управління ЦОД — це розосереджені на деякій території засоби автоматизованої обробки інформації для вирішення завдань нагромадження, оброблення, зберігання та пересилання інформації. Така система складається з вузлів комутації і каналів (ліній) зв'язку між окремими елементами системи. Головною функцією цієї системи є забезпечення клієнтів потенційною можливістю доступу до загальних інформаційних послуг і ресурсів. За сучасних умов на розподілені СУ негативно впливають як внутрішні (відмови, збої, помилки корпоративних клієнтів), так і зовнішні (активний або пасивний вплив зовнішнього середовища) фактори. Отже, забезпечення функціональної стійкості розподілених СУ центрів обробки даних є актуальним завданням.

Основні вимоги до методів узагальнення функціонально стійкого управління ЦОД — це можливість поєднати оптимальне управління, яке випливає з принципу розподілу, що для нелінійних систем є субоптимальним рішенням, у вигляді з'єднання систем субоптимального оцінювання й оптимального або субоптимального управління, синтезованих для визначених умов. Особливість методів узагальнення функціонально стійких інформаційних систем полягає в тому, що в них не розглядаються процеси, які призвели до відмов. Для формування спеціального парируючого управління важливий сам факт порушення роботоздатності якогось елемента СУ центру обробки даних. Складність перевірки належних умов спостереження та управління модернізованої системи за відомими ранговими критеріями змусила вишукувати інші критерії, за якими можна оцінити рівень функціональної стійкості.

За СУ центру обробки даних, подану нелінійними рівняннями та відмовами, що призводять до періодичних стрибкоподібних змін структури, було взято критерій функціональної стійкості.

Розглянемо граф $\Gamma = \{S, J\}$, де S — множина вершин графа, який відповідає компонентам векторів X, Y, U :

$$S = \{x_i, y_j, u_k\}, \quad i = [1, \dots, n], \quad j = [1, \dots, l], \quad k = [1, \dots, m], \quad (1)$$

а J — множина дуг графа, які відповідають наявності функціональних зв'язків між компонентами

$$J = \{(X_i, Y_j), (Y_j, U_k), (U_k, X_i)\}. \quad (2)$$

Оскільки розглянуті відмови є змінами функціонального зв'язку між компонентами векторів X, Y, U , то динамічна система може бути функціонально стійкою, тоді як у разі відмови існує шлях $A = (X_i \dots U_k)$, що містить усі компоненти векторів X і U . Розглянемо систему управління ЦОД, подану у вигляді неорієнтованого графа $G(V, E)$, $v_i \in V$, $e_{ij} \in E$, $i, j = 1, \dots, n$, із матрицею суміжності

$$A = \|a_{ij}\|, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } e_{ij} \in E; \\ 0, & \text{якщо } e_{ij} \notin E. \end{cases} \quad (3)$$

де множина вершин V збігається з множиною вузлів комутації розмірності n , а множина ребер E — із множиною ліній зв'язку між вузлами комутації. Для такої системи запропоновано інший критерій: функціональна стійкість забезпечуватиметься тоді, коли між будь-якою парою вузлів комутації буде знайдено хоча б один маршрут передавання інформації. Перевагою такого критерію є поява можливості кількісно оцінити функціональну стійкість поточної структури системи управління на основі простих зовнішніх ознак.

Проведені дослідження дозволили побудувати алгоритм забезпечення функціональної стійкості систем управління ЦОД (рис. 1). Суть алгоритму полягає ось у чому. Спочатку апріорно створюються образ-еталони технічного стану системи управління ЦОД у режимі нормального функціонування, а також результатів зовнішніх впливів, спричинених відмовами функціональних підсистем ЦОД. Створені образ-еталони зберігаються в пам'яті. На наступному етапі після визначення технічного стану та його порівняння зі збереженими в пам'яті образ-еталонами ухвалюється рішення про реальний технічний стан функціонування підсистем ЦОД або наявність тієї чи іншої відмови. У такий же спосіб формується адекватне управління для кожного випадку. Важливістю цього алгоритму є розподілення загальної задачі синтезу функціонально стійких СУ на частинні завдання: синтезу алгоритму виявлення відмов і синтезу алгоритму парирування відмов.

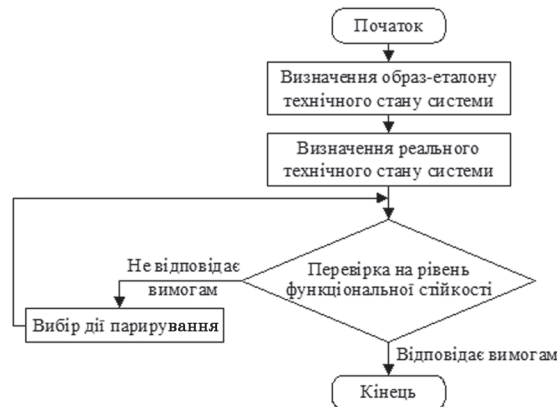


Рис. 1. Алгоритм забезпечення функціональної стійкості системи управління центру обробки даних

Для визначення реального технічного стану системи управління розроблено алгоритм, наведений на рис. 2. Принцип роботи алгоритму такий. На етапі проектування системи управління ЦОД визначається її діагностичний паспорт, який містить:

- діагностичний ідентифікатор системи управління;
- реакції системи управління на діагностичні тести у справному та несправних технічних станах;
- алгоритм комутації автоматизованої системи технічного діагностування;
- алгоритм контролю технічного стану.

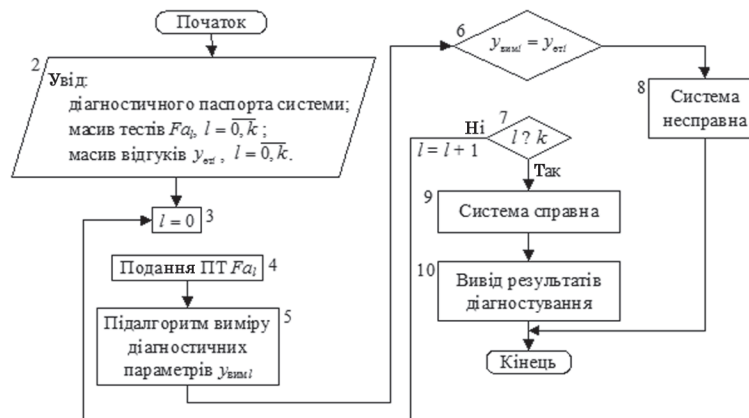


Рис. 2. Алгоритм визначення реального технічного стану системи

Також розраховується масив тестів (функцій) для системи визначеного типу $Fa_l, l = \overline{0, k}$ — кількість підсистем та масив відгуків y_{etl} . Із масиву однотипних підсистем вибирають першу і подають на неї перевіряльний тест (ПТ) для визначення технічного стану.

Підалгоритм вимірювання діагностичних параметрів обчислює реакцію підсистеми на тест y_{viml} . Якщо $y_{viml} = y_{etl}$, то процедуру повторюють для наступної підсистеми $l = l + 1$. Дану процедуру вико-

нують для всього масиву наявних підсистем. У результаті роботи алгоритму відшуковуються несправні підсистеми. У разі їх наявності окреслюються заходи щодо забезпечення функціональної стійкості СУ центру обробки даних за допомогою алгоритму забезпечення функціональної стійкості СУ центру обробки даних (див. рис. 1).

Таким чином, теорія функціонально стійких СУ центру обробки даних є результатом системного підходу до вирішення проблеми підвищення надійних властивостей складних об'єктів управління (надійність, стійкість, відмовостійкість, відмовобезпечність). При цьому функціональна стійкість є ознакою, яка принципово відмінна від надійності, стійкості, відмовостійкості. Методи забезпечення функціональної стійкості направлено на більш повне використання наявних технічних ресурсів складної технічної системи. Їхньою особливістю є те, що самій системі відводиться не пасивна роль виконання жорсткої програми, а активний перерозподіл ресурсів для досягнення поставлених цілей. Причина неможливості забезпечення необхідного рівня функціональної стійкості СУ центру обробки даних в умовах цільової невизначеності та протидії полягає в принциповій обмеженості застосовуваної схеми «силового» управління, — досягнення бажаного фазового стану об'єкта виключно через завдання зовнішнього «силового» впливу.

Системне вирішення розглянутих видів задач управління полягає в зміні принципу управління — у використанні для управління внутрішньої структури й енергоінформаційних процесів об'єкта управління у вигляді різних ефектів самоорганізації (принципу *синергетичного* управління). Реалізувати принцип синергетичного управління при синтезі систем управління можна двоетапною процедурою послідовної оптимізації за гомеостазними та цільовими критеріями. У цьому разі задача синтезу зводиться до послідовного розв'язування задачі розподілу функцій управління між оператором (операторами) і автоматичними системами та завданням синтезу нелінійного регулятора. Отже, завдання забезпечення функціональної стійкості СУ центру обробки даних розглядається як одна з актуальних наукових задач сучасної теорії управління.

Висновки

1. На підставі проведеного аналізу наявних методів синтезу і діагностування систем управління центрів обробки даних виявлено проблему між необхідністю сталого функціонування системи управління за умов дії внутрішніх і зовнішніх дестабілізуючих впливів та можливостями наявних методів забезпечення функціональної стійкості центрів обробки даних. У сучасних наукових працях основну увагу приділено задачі синтезу живучих і надійних систем управління центрів обробки даних. Водночас у цих роботах не повною мірою розкрито питання щодо визначення оптимального рівня надмірності для парирування відмов різного рівня та збереження системою можливості виконання основних функцій за умов впливу внутрішніх і зовнішніх дестабілізуючих факторів. Недосконалість і обмеженість наявних наукових методів синтезу складних технічних систем, зокрема систем управління центрів обробки даних, не дає можливості забезпечити їх функціональну стійкість.

2. Розроблено алгоритми забезпечення функціональної стійкості системи управління центру обробки даних та визначення реального технічного стану системи, які утворюють дворівневу систему діагностування відмов і дають змогу здійснити діагностування з різною якістю за різний час, що узгоджується з ієрархічною концепцією організації засобів забезпечення функціональної стійкості систем управління центрів обробки даних.

3. Реалізація запропонованої ієрархічної організації засобів забезпечення властивості функціональної стійкості в системах управління центрів обробки даних дозволить скоротити час реакції системи на парирування відмов.

4. Перспективними шляхами подальших досліджень у зазначеному напрямку може бути широке коло питань щодо розробки нових та удосконалення існуючих методик підвищення рівня функціональної стійкості систем управління центрів обробки даних на основі багатокритеріального синтезу функціонально стійких систем управління, які мають автономно функціонувати за умов впливу зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів.

Список використаної літератури

1. **Машков О. А., Косенко В. Р.** Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 1) (вступ) // Зб. наук. праць Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України. Київ: ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України, 2010. Вип. 55. С. 131–148.

2. **Імплементация сучасних технологій хмарних обчислень в рамках центрів обробки даних / В. В. Вишнівський, В. В. Василенко, Г. О. Гринкевич, В. М. Куклов** // Інформаційна безпека. Северодонецьк, 2016. № 3(23). С. 118–125.

3. *Vasylenko V., Kuklov V., Grynkevych G. Analysis of SDN for wireless handover platform: International Conference on (Modern Problems of Radio Engineering, Lviv: 2016 // Telecommunications and Computer Science (TCSET). 2016. 13th. P. 630–633. doi: 10.1109/TCSET. – 2016.7452136 [Електронний ресурс]. URL:*

http://ieeexplore.ieee.org/document/7452136/?reload=true.

4. *Method for Determination of Cyber Threats Based on Machine Learning for Real-Time Information System / V. Tolubko, V. Vyshnivskiy, V. Mukhin [a. o.] // I. J. Intelligent Systems and 34 Applications. 2018. №8. P. 11–18. (Published Online August 2018 in MECS. DOI: 10.5815/ijisa.2018.08.02). URL:*

http://www.mecs-press.org/

5. *Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. Київ: НАОУ, 2004. 226 с.*

6. *Кучук Г. А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення: монографія. Х.: ХУПС, 2013. 264 с.*

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. В. Вишнівський**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. В. Василенко, О. А. Ильин, Ю. В. Березовская, Р. В. Косминский, Ю. В. Каргаполов

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Рассмотрены понятия «функционально устойчивая система» и «функционально устойчивое управление» центров обработки данных. Термин «функциональная устойчивость» определяется применительно к решению частных задач: синтеза алгоритма обнаружения отказов и синтеза алгоритма парирования отказов.

Разработаны алгоритмы обеспечения функциональной устойчивости системы управления центра обработки данных и определения реального технического состояния системы, которые образуют двухуровневую систему диагностирования отказов и позволяют осуществить диагностирование с разным качеством за разное время, что согласуется с иерархической концепцией организации средств обеспечения функциональной устойчивости систем управления центров обработки данных.

Перспективными направлениями дальнейших исследований может быть разработка новых и усовершенствование существующих методик повышения уровня функциональной устойчивости систем управления центров обработки данных на основе многокритериального синтеза функционально устойчивых систем управления, которые автономно функционируют в условиях воздействия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов.

Ключевые слова: функциональная стойкость; система управления; центр обработки данных.

V. V. Vasylenko, O. O. Ilin, Yu. V. Berezovska, R. V. Kosminskiy, Yu. V. Kargaplov

MAIN DIRECTIONS INCREASING THE FUNCTIONAL STABILITY OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF DATA CENTER

The article deals with the concept of «functionally stable system» and «functionally stable management» of data centers. The term «functional stability» is defined in relation to the solution of partial tasks, the synthesis of the algorithm for detection of failures and the synthesis of the algorithm parry bounce.

Based on the analysis conducted of existing methods of synthesis and diagnostics of the management systems of data center, found a problem has been identified between the need for stable functioning of the management system under the conditions of the action of internal and external destabilizing influences and the possibilities of existing methods for ensuring their functional stability. Now the main attention is on tasks of synthesis of enduring and reliable management systems of data center. However, the issues of determining the optimal level of redundancy for parrying failures of various levels and maintaining the ability of the system to perform basic functions under the influence of internal and external destabilizing factors are not fully studied. The imperfection and limitation of the existing scientific methods of synthesis of complex technical systems does not allow providing their functional stability, in particular, of the management systems of data center.

The algorithms for ensuring the functional stability of the management system of data center and determining the real technical state of the system, which form a two-level system for diagnosing influences and allow to perform diagnosing with different quality at different times are developed, which is consistent with a hierarchical concept of organization means for ensuring the functional stability of the management systems of data center.

New and improvement of existing methods for increasing the level of functional stability of the management systems of data center based on the multicriteria synthesis of functionally stable of the management systems that autonomously function under the influence of external and internal destabilizing factors can be developed by perspective ways of further research in this direction.

Keywords: functional stability; management system; data center.