

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УДК 621.396.96

Микусь С. А., Савченко В. А.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Запропоновано концепцію забезпечення функціональної стійкості телекомунікаційної системи на основі інтелектуалізованої технології підтримки прийняття рішень. Стратегія цієї концепції на відміну від наявних підходів характеризується використанням принципів штучного інтелекту. Реалізація концепції дає можливість ефективніше використовувати наявну надмірність у позаштатних ситуаціях та за рахунок цього підвищити значення показників функціональної стійкості до необхідного рівня без значних витрат. Реалізація запропонованої концепції та інших наукових результатів, які є її складниками, планується у підсистемі управління телекомунікаційною системою, а саме, в математичному та програмному забезпеченні системи підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: функціональна стійкість, телекомунікаційна система, декомпозиція, підтримка прийняття рішень.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Не викликає сумніву факт інтенсивного розвитку інформаційних технологій та актуальності загальної науково-практичної проблеми їх впровадження у всі сфери діяльності людства. Найбільш цікавою та важливою, на наш погляд, є загальна проблема – проблема підвищення ефективності телекомунікаційних систем (ТС) забезпеченням властивості функціональної стійкості. Важливим напрямком її вирішення є створення та впровадження в системі управління ресурсами ТС відповідної інформаційної технології. За даними експертів такий підхід підвищить ефективність системи до 15 % без значних додаткових витрат.

Аналіз вимог, які висуваються до функціонально стійких систем, виявив суперечливу ситуацію, що полягає у заостренні протиріч між вимогами: 1) щодо підвищення ефективності, що має потребу в додаткових витратах, і вимогою на зменшення витрат на модернізацію; 2) між вимогою на зменшення часу на модернізацію, що знижує ефективність системи, й вимогою до збільшення ефективності. Ця суперечлива ситуація лежить в основі актуальної наукової проблеми забезпечення властивості функціональної стійкості телекомунікаційної системи ще на етапах побудови (проектування) з урахуванням зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих впливів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження наявних підходів щодо побудови функціонально стійких складних систем дає можливість дійти висновку про необхідність продовження наукових досліджень у цьому напрямку [1–3]. Загальна перспективна стратегія полягає в управлінні апаратними й програмними ресурсами в телекомунікаційній системі на основі моделей та методів штучного інтелекту. На тепер з розвитком потужності та швидкодії засобів оброблення інформації інтелектуалізація стала чи не найголовнішим напрямом підвищення ефективності систем автоматизованого управління процесами, зокрема й у сфері зв'язку, телекомунікацій, управління рухом та пошуково-рятувального забезпечення [4–7].

Водночас у сучасній літературі питання розвитку інформаційних технологій підтримки прийняття рішень щодо забезпечення функціональної стійкості телекомунікаційних систем практично не охоплені. Не визначені концептуальні засади побудови таких систем. Не сформульовані принципи реалізації загальних основ функціональної стійкості для телекомунікаційних систем з урахуванням їх організаційних та технічних особливостей.

Метою статті є обґрунтування концепції забезпечення функціональної стійкості телекомунікаційної системи на основі інтелектуалізованої технології підтримки прийняття рішень, яка управляє процедурою перерозподілу апаратних та програмних ресурсів у ТС.

Виклад основного матеріалу. Концепція, запропонована авторами статті, заснована на загальнометодологічному науковому підході – системному підході. Доцільно звернути увагу на його основні принципи, інтерпретація яких і дала можливість розробити концепцію як основну настановчу ідею [8].

Принцип автоматизації А через інтелектуалізацію І під час прийняття рішень Δ є основний принцип концепції. Це обумовлено об'єктивною тенденцією розвитку комп'ютерних систем S , так званих комп'ютерів п'ятого покоління

$$\forall \Delta(A(S)) \Rightarrow I(\Delta). \quad (1)$$

Принцип інтеграції (цілісності). ТС потрібно розглядати як щось єдине ціле. В системі окремі елементи виступають не самостійно, а з урахуванням певного місця в цілому, тобто для системи характерна цілісність і доцільність як невід'ємна сторона її організації та поведінки. За системного підходу відображаються і вивчаються загальні інтегральні властивості й закономірності систем і комплексів систем, розкривається базисний механізм системного ефекту [8].

Принцип організованості. Без сумніву ТС властива структурна впорядкованість. А саме вона є комплексом підсистем з певними зв'язками, що функціонує в інтересах вирішення єдиної мети.

Принцип внутрішніх закономірностей (постулат автономності). Стосовно ТС цей принцип показує, що система функціонує в реальному зовнішньому середовищі й взаємодіє з ним. Однак основне і суттєве значення мають процеси, які відбуваються всередині системи з метою вирішення завдання та є відповідною реакцією на вплив зовнішнього середовища.

Принцип декомпозиції. Цей принцип дає можливість забезпечити виявлення загальних закономірностей в ТС S на основі отриманих закономірностей Z у підсистемах

$$\begin{aligned} \forall S \Leftrightarrow S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, \\ S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, (S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\} \Rightarrow Z = \{z_1(s_1), z_2(s_2), \dots, z_n(s_n)\}) \cdot \\ Z = \{z_1(s_1), z_2(s_2), \dots, z_n(s_n)\} \end{aligned} \quad (2)$$

Принцип вимірюваності. Для управління ТС потрібно вимірювання деяких параметрів її стану, вихідних характеристик системи. При цьому вимір таких величин проводиться з певною точністю. Підвищення точності вимірювання одних параметрів може спричинити погіршення точності вимірювання інших параметрів.

Принцип модельованості. Оскільки процес функціонування в системі визначається комплексною залежністю від зовнішніх і внутрішніх факторів, то це призводить до необхідності побудови систем, особливо ТС з великою кількістю окремих частин, підсистем, елементів (часом різномірних за складом та фізичною природою) до введення великої кількості внутрішніх і зовнішніх зв'язків, входів і виходів, застосування високої автоматизації. У теорії систем, системному аналізі й системотехніці міститься вже широке коло різноманітних методів дослідження систем, які можна об'єднати в такі групи:

евристичне програмування; семіотичний підхід; методи аналогій; аналітичні методи; моделювання [8].

Постулат альтернативних варіантів побудови системи. Постулат виходить з того, що в силу обмеженості застосування математичних аналітичних та інших методів для ТС не можливо відразу визначити її оптимальний варіант побудови, а тому системне проектування можливо тільки на основі дискретної оптимізації – перегляду й оцінки ряду варіантів побудови системи. Наприклад, під час пошуку екстремуму функціоналу

$$\Delta^*(s_i) \Rightarrow \Xi(\Delta^*) \rightarrow \text{extr}, \quad (3)$$

де $\Xi(\Delta)$ – цільова функція у загальному вигляді.

Це одне з основних положень стосовно ТС. За системного проектування має бути переглянуто всі можливі альтернативні варіанти побудови системи й прийнято таке обґрунтоване рішення, яке найадекватніше задовольняло б висунуті до системи вимоги.

Принцип визначеності життєвого циклу. Система має деякий певний життєвий цикл і термін служби, тобто не треба прагнути зробити цю систему назавжди досконалою, що практично не можливо. Систему потрібно робити придатною для виконання певної заданої мети, у цьому разі розробка займе менше часу й буде виконана з меншими витратами. Разом з тим з часом з'являється необхідність внесення змін навіть у процесі одного життєвого циклу системи. Цю потребу в зміні потрібно враховувати, накопичувати, самі зміни потрібно вносити в систему через певний час. Система повинна мати властивість сумісності – здатністю розширення масштабів без необхідності внесення глибоких принципівих змін окремих елементів системи. Властивість сумісності тісно пов'язана і виходить з вимоги періодичного внесення змін до системи.

Таким чином, під час проектування ТС особливу увагу потрібно приділяти вибору коректних принципів її побудови, які б допускали можливість вдосконалення системи навіть у процесі її життєвого циклу. Цьому добре сприяє модульний принцип побудови систем і взагалі побудова системи з окремих підсистем, елементів, що дозволяють їх заміну новішими, досконалішими. При цьому належна увага приділяється взаємозамінності підсистем, елементів, стандартизації, уніфікації елементів.

Принцип вибору кращого варіанта з ряду альтернатив. Вибір кращого варіанта, його обґрунтування залежить від можливості й здатності оцінки якості кожного варіанта. Для вибору кращого варіанта необхідно використовувати кількісні показники якості системи.

Підбір прийнятних показників якості – складне завдання системного проектування. У них повинні знайти відображення: працездатність; надійність; живучість; енергоспоживання; час роботи; час розробки; вартість; зручності експлуатації й багато інших чинників, що визначають функціонування, тактико-економічні показники і технічну досконалість системи.

$$\exists! \Delta^*(s_i), s_i \in S \Rightarrow \Xi(\Delta^*) \succ \Xi(\Delta). \quad (4)$$

Принцип зменшення невизначеності. Проектування системи потрібно виконувати з урахуванням тієї чи іншої невизначеності поведінки системи й зовнішнього середовища. Це результат дії випадкових явищ, всяких збурень, які ніколи не можуть бути заздалегідь відомі точно, а отже, – й точно заздалегідь компенсовані. Основні риси невизначеності: невизначеність факторів, пов'язаних з конструюванням; статистична невизначеність зовнішніх умов, що мають випадковий характер; невідомі обурення; невизначеність щодо противника, його реакції, поведінки (характерно для конфліктних ситуацій).

Пошук оптимального варіанта ТС – дуже складне завдання. З метою економії часу й витрат треба враховувати такі, вже перевірені практикою, рекомендації з технології визначення оптимального технічного вигляду ТС:

звуження областей допустимих рішень – локалізація сфери пошуку, яка полягає в тому, що в інтересах інтенсифікації дослідницького процесу оптимальне рішення треба шукати не у всій області допустимих рішень, а лише в районі очікуваного екстремуму критеріїв та функціоналів. Відповідно до цього принципу дослідний процес бажано організувати так, щоб вже на початкових етапах пошукового процесу обмежити якомога більшу частину області допустимих рішень, істотно скоротивши її;

паретооптимальність рішення – один з найважливіших принципів, спираючись на який, можна розробити інтенсивну технологію. Застосування відомого принципу домінування альтернативних варіантів забезпечує відсів неконкурентних з них і формування безлічі ефективних варіантів;

допустима спрощеність, як принцип, лежить в основі широковикористовуваного в цей час регресивного синтезу систем. З аналізу наявної технології проведення досліджень випливає, що низка дуже складних і трудомістких моделей і методик, що забезпечують отримання результатів, багаторазово включаються в обчислювальний процес на різних його етапах. Це вимагає допустимого спрощення моделей;

раціональне поєднання можливих аналітичних прийомів розрахунку показників якості, числі зокрема й з застосуванням регресійного аналізу, з експериментальним визначенням вихідних даних по наближених моделях. Це, по суті, теоретико-експериментальний метод оптимізації ТС;

модульність побудови обчислювального процесу. Практичний ефект від реалізації цього принципу сприяє скороченню термінів і трудомісткості створення дослідного апарату за рахунок вилучення дублювання й організації паралельної роботи розробників окремих модулів.

Концепція інформаційної технології підтримки прийняття рішень в телекомунікаційній системі

Отже, пропонується концепція інформаційної технології підтримки прийняття рішення в ТС. Подамо її на базі відомої послідовності етапів технології забезпечення функціональної стійкості: виявлення → розпізнавання → парирування.

1. *Виявлення.* Цей етап трактується як «постановка завдання».

Формально подамо його тріадою

$$\langle Inf, M, Md \rangle \subset E, \quad (5)$$

де Inf – множина інформації стосовно ТС; M – множина математичних моделей; Md – множина методів дослідження на M .

Це означає, що будь-яка позаштатна ситуація буде вчасно виявлена та досліджена за допомогою адекватних математичних моделей та методів.

2. *Розпізнавання.* Процес розпізнавання відмов та позаштатних ситуацій трактується як «уточнення завдання (збір інформації, формування альтернатив)»

$$\forall m_i \in M, md_j \in Md, (i = 1..n, j = 1..m, n = |M|, m = |Md|) \\ \exists I(m_i, md_j) \subset Inf, \quad (6)$$

де $I(m_i, md_j)$ – множина додаткової інформації стосовно стану системи, яку можна одержати моделюванням варіанта системи.

3. *Парирування.* Для динамічних систем наявна теорія функціональної стійкості наступним етапом виділяє етап парирування. Етап парирування наслідків позаштатних ситуацій полягає у формуванні та впливі на систему так званого відновлювального управління. Під відновлювальним управлінням розуміють управління, що парирує наслідки відмов, збоїв, руйнувань, а також впливів інших зовнішніх дестабілізуювальних чинників, передбачених умовами, з метою збереження, хоч і з деяким погіршенням, основних функцій системи [1]. Не міняючи загальної ідеології функціональної стійкості, позначимо цей етап як етап «формування моделі, вибір методу, вирішення завдання». Його математична формалізація має такий вигляд.

Нехай $\langle Inf, M, Md \rangle \subset E$ – вільна множина, тоді реалізацією етапу 3 є її підмножина $\langle Inf, M, Md \rangle^{***}$, для якої виконується умова:

$$\langle Inf, M, Md \rangle^{***} \subset \langle Inf, M, Md \rangle \vee \langle Inf, M, Md \rangle^{***} \in \varepsilon \vee \forall Z \in \varepsilon Z \subset \langle Inf, M, Md \rangle \Rightarrow Z \subset \langle Inf, M, Md \rangle^{***} \quad (7)$$

Отже, зазначені три етапи демонструють сутність концепції побудови системи підтримки прийняття рішень для забезпечення функціональної стійкості систем зв'язку та телекомунікацій. Базуючись на принципах системного підходу, а також ключових постулатах функціональної стійкості, ядро СППР має опиратись на алгоритми відшукування доцільних правил виведення для етапів “виявлення” → “розпізнавання” → “парирування”. Результатом кожного з етапів має бути інформація щодо стану ТС на поточний момент часу. Зазначена інформація разом з додатковими даними від зовнішніх джерел (операторів, давачів, сенсорів) є вхідною інформацією для наступного етапу. Результати виведення за останнім етапом “парирування” є рекомендаціями для дій персоналу в позаштатних ситуаціях.

У зв'язку з зазначеним вище сутність інтелектуалізованої інформаційної технології має базуватись на моделях логічного виведення в базах знань, які відповідають визначеним етапам. Залежно від особливостей предметної області та з метою забезпечення стійкості функціонування бази знань окремих етапів можуть частково (чи повністю) перетинатися.

Висновки. Отже, одержала подальший розвиток наявна концепція забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем у контексті уточнення її класичних етапів стосовно покращення та модернізованої телекомунікаційних систем. Стратегія цієї концепції на відміну від наявних підходів відрізняється запропонованою ідеєю забезпечення функціональної стійкості в ТС на базі впровадження інтелектуалізованої інформаційної технології в комп'ютерної складової системи управління. Реалізація запропонованої концепції дозволяє ефективніше використовувати наявну надмірність в нештатних ситуаціях та за рахунок цього підвищити значення показників функціональної стійкості до необхідного рівня без значних витрат. Також важливою рисою є те, що реалізація концепції та інших наукових результатів планується в системі управління ТС, а саме, в математичному та програмному забезпеченні її інформаційної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кравченко Ю. В. Сучасний стан та шляхи розвитку теорії функціональної стійкості / Ю. В. Кравченко, С. А. Микусь // Моделювання та інформаційні технології: Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова. – 2013. – Вип. 68. – С. 60–68.
2. Kravchenko, Yu.V. Functional stability of information and telecommunication systems / Yu. V. Kravchenko, O. A. Leschenko, S. A. Mykus // East European Scientific Journal, №.2(6). – 2016. – P.47–52.

3. Микус С. А. Управління апаратними і програмними ресурсами в комп'ютерній системі на основі методів і моделей штучного інтелекту // С. А. Микус, Ю. В. Кравченко, Н. В. Руденко/ Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2014. – № 4. – С. 7–15.
4. Савченко В. А. Модель багаторівневої системи підтримки прийняття рішень реального часу на основі інтелектуальної інтеграції / В. А. Савченко // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – К.: ІПРІ, 2011. – №1(13). – С.106–112.
5. Савченко В. А. Модель міжрівневої взаємодії в мультиагентній системі підтримки прийняття рішень пошуково-рятувальних служб / В. А. Савченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НУ, 2011. – № 2(18). – С.289–291.
6. Савченко В. А. Застосування мультиагентних технологій для інтелектуального аналізу даних в геоінформаційних системах оперативного управління / В. А. Савченко // Індуктивне моделювання складних систем. – 2011. – № 3. – С. 174–182.
7. Савченко В. А. Інтелектуалізація системи управління складним динамічним об'єктом на основі нечітких семантичних мереж / В. А. Савченко, Д. М. Обідін // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. пр. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2012. – Вип. 63. – С. 81 – 85.
8. Большие технические системы: проектирование и управление / [Артюшин Л.М., Зиятдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В.]; под ред. И.А. Попова. – Харьков : Факт, 1997. – 400 с.

Микус С. А., Савченко В. А.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ**

Предложена концепция обеспечения функциональной устойчивости телекоммуникационной системы на основе интеллектуализированной технологии поддержки принятия решений. Стратегия данной концепции в отличие от существующих подходов характеризуется использованием принципов искусственного интеллекта. Реализация концепции позволяет эффективнее использовать существующую избыточность в нештатных ситуациях и за счет этого повысить значение показателей функциональной устойчивости до необходимого уровня без значительных затрат. Реализация предложенной концепции и других научных результатов, которые являются ее составляющими, планируется в подсистеме управления телекоммуникационной системой.

Ключевые слова: функциональная устойчивость, телекоммуникационная система, декомпозиция, поддержка принятия решений.

S. Mykus, V. Savchenko

**PROVIDING FUNCTIONAL STABILITY OF TELECOMMUNICATION SYSTEM
BASED ON INTELLECTUALIZED TECHNOLOGY OF DECISION SUPPORT**

The concept of ensuring the functional stability of a telecommunication system based on intellectualized decision support technology is proposed. The strategy of this concept, in contrast to existing approaches, is characterized by the use of the principles of artificial intelligence. The implementation of the concept allows for more efficient use of existing redundancy in abnormal situations and due to this increase the value of the indicators of functional stability to the required level without significant costs. The implementation of the proposed concept and other scientific results, which are its components, is planned in the telecommunications system management subsystem, namely, in the mathematical and software support of the decision support system.

Key words: functional stability, telecommunication system, decomposition, decision support.

Рецензент: Барабаш О. В., д-р техн. наук,
професор, Інститут авіаційно-космічних
досліджень ім. І. І. Сікорського, м. Київ