

УДК 004.421.2:519.17

Р.А. Миколайчук

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ДИНАМІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ

Удосконалено основні положення теорії функціональної стійкості складних технічних систем з урахуванням особливостей систем з динамічною структурою. В основу визначення показників та критеріїв функціональної стійкості покладено функціональне поле системи.

Ключові слова: *функціональна стійкість, динамічна структура, складна технічна система.*

Вступ

Постановка проблеми. Необхідність створення складних технічних систем в умовах невизначеності просторово-часового розподілу зовнішніх об'єктів впливу, призводить до перспективності систем з динамічною структурою [1, 2]. Побудову таких систем доцільно проводити на основі теорії функціональної стійкості [3 – 5], що дозволить забезпечити найбільшу ефективність системи в умовах впливу дестабілізуючих факторів.

Особливостями побудови системи з динамічною структурою є необхідність урахування постійної зміни розподілу об'єктів впливу, а також власне динамічність структури системи. У зв'язку з цим, виникає необхідність подальшого розвитку теорії функціональної стійкості для такого роду систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючої теорії функціональної стійкості показав, що в своїх роботах професор Машков О.А. [6] сформулював властивість функціональної стійкості й розробив загальну теорію її визначення для складних технічних систем. При цьому, в якості показників функціональної стійкості системи пропонується обрати сімейство $P(F_\tau)$, що визначає ймовірність збереження функціональних властивостей системи для фазової траєкторії $z(t, \alpha)$ на інтервалі часу $I = [0, \tau]$, де $F_\tau = F_\tau \{z(t, \alpha), t \leq \tau\}$ – однопараметричне сімейство дійсних функціоналів, $t, \tau \in I, \alpha \in A$, де A – множина структур системи. Після визначення $B_{A_1}^\tau$ як множини припустимих значень F_τ отримано критерій функціональної стійкості системи у вигляді:

$$P\{F_\tau[z(t, \alpha), t \leq \tau] \in B_{A_1}^\tau\} > \theta, \quad (1)$$

де θ – деяке число ($0 < \theta \leq 1$).

Разом з тим, для систем з динамічною структурою визначення запропонованого критерію функціональної стійкості (1) може зіткнутися з певними труднощами у зв'язку із цілеспрямованою зміною структури системи α та відповідними змінами функціональних властивостей системи. Тому в [7] було запропоновано ввести в евклідовому просторі J функціонування системи поняття вектору потенціалів системи u , що характеризує можливість виконання системою своїх функцій у визначеній точці вказаного простору. Відображення h_u структури системи у простір її функціонування дало змогу визначити значення потенціалів у часі: $\dot{u} = h_u(\alpha)$, ввести поняття функціонального поля системи градієнтного характеру а також встановити його зв'язок з функціонуванням та ефективністю системи. Це складає передумови щодо подальшого розвитку теорії функціональної стійкості для систем з динамічною структурою.

Постановка завдання. Метою статті є визначення основних положень функціональної стійкості для систем з динамічною структурою.

Виклад основного матеріалу

Під функціональною стійкістю системи з динамічною структурою будемо розуміти властивість системи виконувати свої функції протягом заданого інтервалу часу в умовах впливу дестабілізуючих факторів. Введемо поняття множини потенціалів системи $U = \{u\}$ в просторі J . Враховуючи вплив зовнішніх дестабілізуючих факторів, а також зазначену в [8] декомпозицію структури системи на базову та динамічну частини отримаємо

$$U = \left\{ u = \sum u_0 + \sum u^+ - \sum u^- \right\},$$

де u_0 – потенціали базової частини системи, u^+ – потенціали динамічної структури системи, u^- – потенціал зовнішніх факторів щодо дестабілізації системи. Тоді, встановивши мінімально припустиме значення потенціалів системи U_{\min} отримаємо умову

$$\sum u^+ \geq U_{\min} + \sum u^- - \sum u_0,$$

що висуває вимоги до потенціалу динамічної частини структури системи. Тоді, в якості показників функціональної стійкості системи можливо взяти сімейство U_τ , що визначають мінімальний потенціал системи в просторі її функціонування протягом визначеного інтервалу часу:

$$U_\tau := \min_{I, J} U[z(t, \alpha), t \leq \tau].$$

Використання зазначених показників дозволить забезпечити побудову систем з динамічною структурою із гарантованим мінімальним потенціалом щодо виконання своїх функцій та досягнути необхідного рівня ефективності системи в цілому.

Введемо поняття запасу потенціалу системи $\Delta^+ U$, що визначається як перевищення значення U_τ над мінімально припустимим:

$$\Delta^+ U = \min_I (U_\tau[z(t, \alpha), t \leq \tau] - U_{\min}).$$

Тоді в якості критеріїв функціональної стійкості системи з динамічною структурою можливо обрати позитивність запасу її потенціалу:

$$\Delta^+ U \geq 0 \quad (2)$$

Застосування наведеного у виразі (2) критерію дозволить забезпечити необхідний рівень функціональної стійкості системи. Таким чином, застосування функціонального поля системи для визначення показників та критеріїв функціональної стійкості системи дозволило в якості однопараметричного сімейства функціоналів використовувати множину потенціалів системи. Подібним чином трансформуються визначення границі функціональної стійкості: $U_\tau \geq U_{\min}$, а також запасу функціональної стійкості $U_\tau - U_{\min}$.

Графічне зображення області, границь та запасу функціональної стійкості наведено на рис. 1.

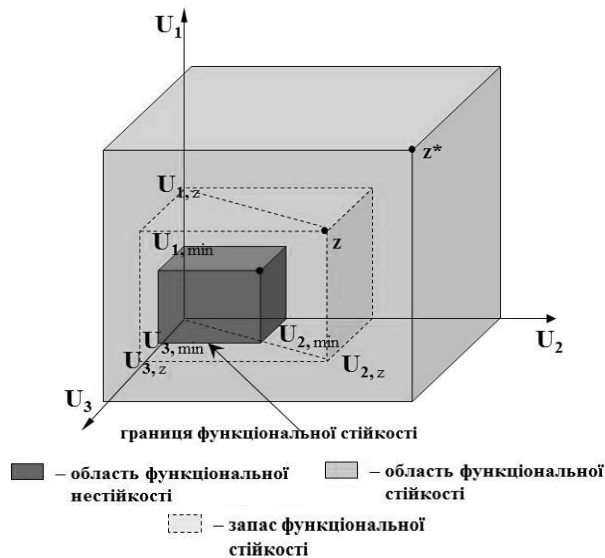


Рис. 1. Область, границя, запас функціональної стійкості

Як видно з рисунку, для забезпечення функціональної стійкості системи в деякій точці її фазової траєкторії $z(t, \alpha)$ необхідно досягти такого значення потенціалів функціонального поля системи що перевищують U_{min} . Ступінь функціональної стійкості може бути визначено як наближення до оптимальної точки траєкторії системи $z^*(t, \alpha)$.

Нехай відомо мінімальну функціонально стійку точку фазової траєкторії z_{min} , а також метрику l на Z . Тоді умови позитивного розвитку системи з динамічною структурою запишуться наступним чином:

$$l(z^*, z) \rightarrow \min, \quad l(z, z_{min}) \rightarrow \max.$$

Висновки

Таким чином, в результаті проведених досліджень реалізовано можливість використання функціонального поля складної технічної системи з динамічною структурою для визначення її функціо-

нальної стійкості. Це дало змогу удосконалити основні положення теорії функціональної стійкості з метою можливості їх застосування для систем з динамічною структурою.

Зазначена можливість забезпечується запропонованими новими: показниками функціональної стійкості, критерієм (2), а також визначеннями області, границі та запасу функціональної стійкості.

В ході подальших досліджень, на основі розроблених положень функціональної стійкості, передбачається розробити методику побудови складних технічних систем з динамічною структурою.

Список літератури

1. Большие технические системы: проектирование и управление / Л. М. Артюшин, Ю. К. Зятков, И. А. Попов, А. В. Харченко / Под ред. И. А. Попова. – Харьков: Факт, 1997. – 284 с.
2. Миколайчук Р.А. Принципи побудови складних технічних систем з динамічною структурою / Миколайчук Р.А. // Збірник наукових праць ІПМ в Е ім. Г. Є. Пухова. – Вип. 63 – К. : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова – 2012. – С. 17 – 21.
3. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
4. Неділько С. М. Концепція забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем на прикладі системи управління повітряним рухом України / С.М. Неділько // Проблеми транспорту. – К.: НТУ, 2011. – Вип. 3. – С 240 – 244.
5. Обідін Д. М. Ознаки та критерії функціональної стійкості інтелектуалізованої системи автоматичного управління польотом літака. / Д. М. Обідін, О. В. Барабаш // Системи озброєння і військова техніка: Науковий журнал. – Х.: ХУПС, 2012. – № 1 (29). – С. 133 – 136.
6. Артюшин Л. М. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам / Л.М. Артюшин, О.А. Машков. – К. : КВВАИУ, 1991. – 89 с.
7. Миколайчук Р.А. Функциональная модель системы с динамической структурой. / Миколайчук Р.А. // Труды университета. – К.: НУОУ, 2013. – №3 (117). – С. 113-117.
8. Кравченко Ю. В. Концептуальный подход до синтезу складних технічних систем з динамічною структурою / Ю.В. Кравченко, Р.А. Миколайчук // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: 2012. – №2(14). – С. 31 – 36.

Надійшла до редколегії 11.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Р.А. Миколайчук

Усовершенствованы основные положения теории функциональной устойчивости сложных технических систем с учетом особенностей систем с динамической структурой. В основу определения показателей и критериев функциональной устойчивости положено функциональное поле системы.

Ключевые слова: функциональная устойчивость, динамическая структура, сложная техническая система.

THE BASICS OF FUNCTIONAL STABILITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS WITH DYNAMIC STRUCTURE

R.A. Mykolajchuk

The basics of functional stability of complex technical systems with the features of systems with dynamic structure are improved. The functional field determines the definition of indicators and criteria of functional stability of the system.

Key words: functional stability, dynamic structure, complex technical system.