

# Автоматизація керування об'єктами із змінною дисипацією в критичному режимі роботи

І.П. Завальнюк<sup>1</sup>

*Анотація* – It is indicated on actuality of problem of control the systems with the limited resources to the contour of dissipation in the critical regime of functioning. The algorithm of automation of control is developed by the dissipative dynamic systems, the use of which provides safety restore of the normal regime of operations of the system.

*Ключові слова* – dissipative dynamic systems, control, automation.

## I. ВСТУП

Основним напрямом економічного і соціального розвитку будь-якої сучасної держави, у тому числі і України, є інтенсифікація виробництва на основі широкого застосування досягнень науки і техніки. Всезростаючі вимоги ефективності технічних систем, не дивлячись на всі запобіжні засоби, викликають появу напружених, критичних режимів функціонування. Під критичним режимом мається на увазі режим зриву взаємодії системи із зовнішнім середовищем, при якому відбувається накопичення енергії, тобто подальше її розсіювання системою неможливе. Вивести систему з такого стану без певних наслідків не завжди можливо. В цьому випадку подальша робота технічної системи може супроводжуватися аваріями та катастрофами. Такі явища характерні для об'єктів з системами охолодження, гальмування, для енергосистем. Прикладами є катастрофи, що сталися в системах з високим рівнем автоматизації процесів, а саме на Чорнобильській АЕС, Саяно-Шушенській ГЕС, великі катастрофи, що сталися на атомних станціях у Японії.

Важливим є мінімізація наслідків виходу системи з напруженого стану.

Шляхи вирішення цієї проблеми, що існують на теперішній час, наступні [1-4]: 1) методи створення робастних систем; 2) методи гарантуючого керування;

3) методи теорії катастроф; 4) методи урахування ризику і резервування систем, організаційні методи.

Перелічені методи вирішують задачу недопущення критичних режимів. Проте, аварійні ситуації відбуваються в автоматизованих системах, де саме людський фактор значною мірою впливає на стан технічної системи у критичному режимі, при виході з якого недостатньо сучасних методик та алгоритмів.

Актуальною є побудова керування, що гарантує безаварійний вихід дисипативної динамічної системи з напруженого режиму роботи без значних втрат.

## II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

На сьогоднішній день питання відновлення нормальних режимів функціонування динамічних систем пов'язані з розвитком теорії дисипативних систем. Вивчення таких систем важливе для розв'язання завдань гідродинаміки, механіки, теплоенергетики та інших областей науки і техніки у зв'язку з дослідженням різних граничних режимів. Основними процедурами рішення задачі автоматизації керування об'єктами зі змінною дисипацією в критичному режимі роботи, є наступні.

Процедура 1. Визначення режиму роботи устаткування, тобто ідентифікація стану об'єкту. Найбільш застосовним методом ідентифікації з усіх існуючих є безпошукові алгоритми ідентифікації з адаптивною моделлю (БАІАМ), які орієнтовані на функціонування в реальному масштабі часу.

Досліджувані об'єкти із змінною дисипацією в кожен конкретний момент часу можна розглядати як лінійний об'єкт з певним значенням коефіцієнта дисипації. Лінійний дисипативний об'єкт та його модель необхідно представити в просторі стану, з використанням методики виділення дисипативної і консервативної частин [5], рівняннями (1) і (2), відповідно:

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}}(t) &= (A_d + A_k) \cdot \bar{x}(t) + B \cdot \bar{u}(t) & (1) \\ &= A_d \cdot \bar{x}(t) + A_k \cdot \bar{x}(t) + B \cdot \bar{u}(t) & ) \end{aligned}$$

$$\dot{\bar{x}}^M(t) = k_1 \cdot A_d^M \cdot \bar{x}^M(t) + k_2 \cdot A_k^M \cdot \bar{x}^M(t) + B^M \cdot \bar{u}(t) \quad (2)$$

де  $A_d, A_k$  - матриці дисипативної і консервативної частин об'єкту,  $A_d^M, A_k^M$  - матриці дисипативної і консервативної частин моделі об'єкту,  $\bar{x}(t)$  - вектор змінних стану,  $B$  - матриця керування,  $\bar{u}(t)$  - вектор керування,  $k_1, k_2$  - ваги дисипативної і консервативної частин моделі.

Структурна схема, що відповідає методу БАІАМ, представлена на Рис. 1.

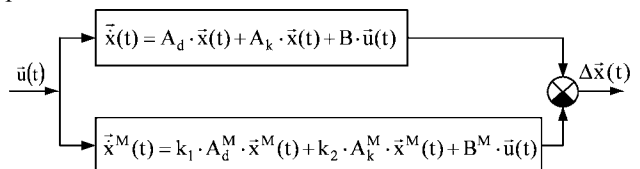


Рис. 1. Структурна схема БАІАМ

Встановивши в моделі  $k_1 \rightarrow \min$ , а  $k_2 = \text{const}$  можна отримати вектор вихідних сигналів моделі  $\bar{x}^M(t)$ , що характеризує критичний режим роботи. Тоді ознакою

<sup>1</sup> Херсонський національний технічний університет, Бериславське шосе, 24, корп.3, Херсон, 73008, УКРАЇНА, E-mail: zavalnyukinna@rambler.ru

виникнення даного режиму буде мінімум норми вектора відхилення  $\Delta \vec{x}(t)$ :

$$\|\Delta \vec{x}(t)\| \rightarrow \min. \quad (3)$$

**Процедура 2.** Визначення початкового моменту і допустимої швидкості зняття управління. Оскільки вихідний сигнал  $x(t)$  досліджуваного об'єкту є вимірним, то для виключення ударів в контурі дисипації необхідно, використовуючи умови визначені в джерелі [6], знімати навантаження у момент часу:

$$t = l \cdot \frac{T}{4}, \quad (4)$$

де  $l = 2, 4, \dots$  - ціле парне число,  $T$  - період сигналу  $x(t)$ .

Швидкість, або темп, гальмування не повинен перевищувати швидкість, з якою об'єкт виводився в режим функціонування. Отже, потрібно дотримання критерію:

$$\frac{du_2(t)}{dt} \leq \frac{du_1(t)}{dt}, \quad (5)$$

де  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  - швидкості розгону і гальмування об'єкту, відповідно.

**Процедура 3.** Рішення задачі оптимізації, а саме, мінімізація часу відновлення нормального режиму роботи об'єкту при обмеженні у вигляді навантаження по контуру дисипації. Необхідно мінімізувати функцію мети  $t(\bar{x}, \bar{u}, \varepsilon)$  при обмеженні у вигляді нерівності:

$$\begin{aligned} t &= t(\bar{x}, \bar{u}, \varepsilon), \quad \Delta \varepsilon \leq 0 \\ t(\bar{x}^*, \bar{u}^*, \varepsilon^*) &\rightarrow \min t \end{aligned} \quad (6)$$

де  $\Delta \varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_{\text{доп}}$ ;  $\varepsilon$   $\varepsilon_{\text{доп}}$  - поточне і допустиме навантаження на контур дисипації.

Отже, регулятор повинен забезпечити мінімальний час відновлення нормального режиму роботи, щоб не було затягування перехідного процесу, при обмеженні навантаження по контуру дисипації.

Пропонується використовувати метод бар'єрних функцій, який забезпечує знаходження точки оптимуму, причому при наближенні до межі відбувається «відштовхування» від бар'єру утвореного обмеженнями.

**Процедура 4.** Застосування певного методу управління з необхідним законом управління.

Основним завданням управління об'єктами із змінною дисипацією є підтримка допустимого режиму функціонування об'єкту або ж виходу з критичного режиму роботи без значних навантажень на контур дисипації. Кожному режиму роботи об'єкта відповідає певне значення коренів характеристичного рівняння або власних чисел матриці об'єкту.

Метод синтезу управління, що забезпечує власним числам матриці замкнутої лінійної системи бажаних значень або приналежності цих чисел до заданої множини, називається методом модального керування [7].

Досліджувані об'єкти із змінною дисипацією можна

розглядати не як об'єкти із змінною структурою, а як лінійні об'єкти з деяким коефіцієнтом дисипації в певний момент часу. Це твердження дозволяє використовувати прості закони регулювання (ПІ, ПІД, ПІДД і так далі), розроблені для лінійних об'єктів управління. Причому порядок об'єкту визначає тип використовуваного регулятора.

Застосування модального регулятора дозволяє зберігати необхідні показники якості перехідного процесу за допомогою установки необхідних значень коренів характеристичного рівняння через параметри настройки регулятора.

### III. ВИСНОВОК

У ході дослідження вирішено задачу автоматизації виводу дисипативної динамічної системи з напруженого стану без значних втрат.

Запропоновані найефективніші, з існуючих, методи вирішення кожного шагу розроблено алгоритму, а саме, ідентифікувати режим роботи системи потрібно методом БАІАМ, вирішувати поставлену задачу мінімізації часу відновлення нормального режиму роботи – методом бар'єрних функцій, керування здійснювати методом модального керування.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Поляк Б.Т. Робастная устойчивость и управление / Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков – М.: Наука, 2002. – 303 с.
- [2] Современные методы проектирования систем автоматического управления. Анализ и синтез / [под общей ред. Б.Н. Петрова, В.В. Солодовникова, Ю.И. Топчиева]. – М.: Машиностроение, 1967. – 700с.
- [3] Т.Пост Теория катастроф и её приложения / Т.Пост, И.Стюарт; [пер. с англ. А.В. Чернавского]. – М.: Мир, 1980. – 607 с.
- [4] Надежность автоматизированных систем управления: [учеб. пособие для вузов] / И.О. Атовмян, А.С. Вайрадян, Ю.П. Руднев, Ю.Н. Федосеев, Я.А. Хетагуров; под ред. Я.А. Хетагурова. – М.: Высш. школа, 1979. – 287 с.
- [5] Завальнюк И.П. Методика анализа динамических объектов в критических условиях эксплуатации / И.П. Завальнюк, А.М. Бражник // XV Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика-2008», м. Одеса, 23-26 вересня 2008р.: доклади XV міжнародної конференції з автоматичного управління. – Одеса: ОНМА, 2008. – Ч.1 – С.208 – 212.
- [6] Завальнюк И.П. Условие возникновения удара в динамических системах с малой диссипацией энергии / И.П. Завальнюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВПІ, 2006. – №6. – С.231–237.
- [7] Справочник по теории автоматического управления: [под ред. А.А. Красовского]. – М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит.-ры, 1987. – 712 с.