

УДК 621.311.1

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОЦЕДУР СКЛАДНИХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

*Кутін В.М., д.т.н., проф., Луцяк В.В., аспірант, Матвієнко С.В., аспірант
Вінницький національний технічний університет
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
E-mail: fpke@rambler.ru*

Показано, что методология построения системы диагностирования сложных САУ должна основываться на согласовании и агрегации причинно-следственного детерминированного подхода с его стохастическим развитием. Процедуру диагностирования необходимо строить на основе метода последовательного анализа.

Ключевые слова: системы автоматического управления, проверка технического состояния.

It is shown that the methodology of diagnostic systems of ACS construction must be based on coordination and aggregation cause-and-effect determined approach with its stochastic evolution. The procedure of diagnostic should be built on the basis of consecutive analysis method.

Key words: automatic control system, technical state inspection.

Вступ. Основними задачами діагностування складних систем автоматичного керування (САУ) є розробка принципу алгоритмізації діагностичних процедур і оптимізація методів визначення пошуку несправності з урахуванням експлуатаційних і конструктивних особливостей САУ. Ці задачі можна успішно вирішити, коли діагностичні процедури будуються на основі аналізу структури контрольованої системи з урахування характеристик надійності.

Аналіз попередніх досліджень. Аналіз літературних джерел [1, 2] показав, що наявна система технічного обслуговування САУ є регламентною і використовує систему діагностування, що періодично повторює діагностичні цикли і таку, що накопичує приховані дефекти. Методологічною основою її побудови є класична теорія надійності. Використовується суто ймовірний підхід, а оцінки надійності достовірні в середньому для сукупності, а не окремо взятої САУ на детермінованих умовах. Оцінки отримані шляхом усереднення, як великої кількості різних умов експлуатації САУ, так і впливаючих факторів, неминуче приводять до суттєвих методологічних похибок теорії оцінки, і як наслідок до великих допусків на оцінку, що робить неефективним принцип алгоритмізації діагностичних процедур.

Мета роботи. Підвищення точності визначення кількісних характеристик діагностичних процедур складних систем автоматичного керування шляхом узгодження ймовірних методів оцінки з іншими, які дозволяють врахувати специфіку систем автоматичного керування.

Матеріал і результати дослідження. Точність САУ визначається показниками якості перехідного процесу. У відповідності до особливостей системи, що контролюється, для неї можуть бути характерними ті чи інші характеристики якості. Так як технічні вимоги до САУ безпосередньо пов'язані з її призначенням, то можна визначити кількісні характеристики цього зв'язку.

В разі вибору принципу побудови програми діагностування суттєвим є визначення умов роботоздатності САУ. Для визначення умов роботоздатності багатоконтурної системи можна використати метод малого параметра [3].

Так, якщо багатоконтурна САУ описується системою лінійованих диференціальних рівнянь типу:

$$x_j^{(nj)} + a_j(nj-1)x_j^{(nj-1)} + \dots + a_{j0}x_j = f_j(t), \quad (1)$$

де x_j - вихідна функція; $f_j(t)$ - збудуючі дія; $j=1, 2, \dots, k$, то умови роботоздатності можна сформулювати у вигляді:

$$\begin{aligned} |\alpha_j - \bar{\alpha}_j| &\leq \delta; \\ |\beta_j - \bar{\beta}_j| &\leq \gamma, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\alpha_j, \bar{\alpha}_j, \beta_j, \bar{\beta}_j$ - відповідно початкові і збудені значення коефіцієнтів затухання і власних частин системи; δ, γ - припустимі відхилення (норма).

Коефіцієнти рівня (1) є функціями контрольованих параметрів САУ, і задачу визначення умов працездатності (2) можна звести до знаходження допустимих відхилень ξ контрольованих параметрів, при яких виконується нерівність (2). Метод малого параметра в даному випадку є ефективним.

Наприклад, систему (1) можна подати у вигляді:

$$\mathfrak{K} = (P_0 + \xi P_1 + E^k P_k \dots + \xi^n P_n) x, \quad (3)$$

де P_k - постійні матриці, при цьому $k = 0, 1, \dots, n$; P_0 - діагональна матриця $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$. Можна показати [3], що нерівність (2) буде задовольняти ті значення ξ , які одночасно задовольняють таким умовам:

$$2 \sum_{k=1}^n \|P_k\| \|\xi\|^k \mathbf{p} \min(\delta, \gamma); \quad |\lambda| \leq Q, \quad (4)$$

де $\|P_k\|$ - норма квадратної матриці коефіцієнтів системи рівнянь (3); Q - величина, що визначає об-

ласть зміни контрольованих параметрів при виконанні заданих умов працездатності.

Визначимо достовірність оцінки збереження працездатності на заданому інтервалі часу. Кількісну величину достовірності можна отримати із рішення диференційних рівнянь, що описують процес відмов і відновлення елементів системи.

В загальному вигляді для багато параметричного контролю:

$$D(\Pi_P) = \frac{\prod_{j=1}^k [P(C_j) - P_{X_j}]}{\prod_{j=1}^k [P(C_j) - P_{X_j} - P_{H_j}]} = \prod_{j=1}^k D(\Pi_{P_j}), \quad (5)$$

$$D(\bar{\Pi}_P) = 1 - \prod_{j=1}^k D(\Pi_{P_j})$$

де $P(C_j)$ - імовірність того, що параметр j САУ знаходиться в допуску; P_{X_j} - імовірність того, що САУ справна (С), а результат контролю j -го параметру негативний (непрацездатний $\bar{\Pi}_P$); P_{H_j} - імовірність того, що САУ несправна (\bar{C}), а результати контролю j -го параметру позитивний (придатний Π_P); $D(\Pi_{P_j})$ - вірогідність результату «придатний», отриманий при контролі j -го параметра САУ.

Програма пошуку несправності складної САУ залежить від способу оцінки стану параметрів, що контролюються, а також надійності елементів системи. Оптимізація програми, отриманої в результаті оцінки відносної ваги контрольованих параметрів складної САУ може бути виконана з врахуванням надійності її складових. В якості критерію оптимізації можна використати відношення:

$$Q_P = \frac{N(a) \sum_{i=j}^k \frac{R_j}{R_{jN}}}{P_j}, \quad (6)$$

де $N(a)$ - модуль відносної зміни контрольованого параметра; R_j, R_{jN} - відповідно нормоване значення показників якості, коли є і відсутня несправність в САУ; k - кількість заданих показників якості; P_j - кількісне значення заданої характеристики надійності.

В разі визначення Q_P для складної САУ доцільно подавати її у вигляді комбінації каналів, трактів, блоків і елементів. Для визначення відносної ваги контрольованих параметрів чисельника виразу (6) можна використати метод чисельного рішення інтегрального рівняння з ядром у вигляді полінома [4, 5]:

$$a_0 x(t) - \int_0^t K(t,S) x(S) dS = N(t), \quad (7)$$

де $N(t) = \sum_{k=0}^n b_k \frac{t^k}{k!}$ - звідний член; $K(t,S) = -a_k \frac{(t-S)^{k-1}}{(k-1)!}$ - ядро; S - корінь характеристичного рівняння; a_k, b_k - коефіцієнти рівняння (7).

Визначення відносної ваги параметрів, що контролюються, зводиться до рішення рівняння (7) при фіксованих значеннях часу. Інтегрування ядра можна виконати за допомогою чисельних методів. Вибір способу обчислення залежить від характеру перехідного процесу САУ, тобто від її структури. Наприклад, для монотонних перехідних процесів достатньо застосувати формули трапеції, а для коливальних процесів достатньо використати квадратурні формули Гауса, Чебишева або Сімпсона, які дозволяють отримати більш точне наближення.

Цей метод дозволяє за допомогою Д-розбивання в площині одного або двох параметрів визначити відносну вагу параметрів з урахуванням можливих відмов, і вимога ординарності потоку відмов є не обов'язковою. Обчислювальні операції можна виконувати за допомогою ЕОМ. Математична модель САУ дозволяє врахувати структуру. Для завдання множини станів системи достатньо перерахувати всі комбінації від елементів, що відмовили (таблиця станів). Математична модель є вхідною для визначення кількісних характеристик надійності [6].

Висновки. Побудова програми діагностування складних САУ повинна передбачати використання структурних методів аналізу. Найбільш вірогідною оцінкою роботоздатності САУ є точність роботи системи в перехідному і усталеному режимах, а запропонований метод побудови програми пошуку несправностей наближається до оптимального, так як дозволяє не тільки ефективно визначити пошкоджений елемент, але і вирішувати задачу керування САУ при різних станах системи.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ДАНІ

1. Мозгалявский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика (непрерывные объекты). Учеб. пособие для вузов М., Высш школа, 1975. – 207 с.
2. Скларов В.Ф., Гушев В.А. Диагностическое обеспечение энергетического производства. – К. Техніка, 1985. – 184 с.
3. Бмянов И.Н., Гаскаров Д.В. Автоматический контроль систем управления., Л., изд-во Энергия 1968. – 189 с.
4. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т / т 9. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, – 1987. – 352 с.
5. Согомоян Е.С., Слабаков Е.В. Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы. – М.: Радиосвязь, 1989. – 208 с.
6. Кутін В.М. Вибір стратегії ремонтно-обслуговуючих дій систем електропостачання промисловості і промислового комплексу. // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. – 2003. №3 – С. 33-40.

Стаття надійшла 9.04.2007 р.