

МЕТОД ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

*М. П. Матвієнко, канд. техн. наук,
Конотопський інститут Сумського державного університету,
пр. Миру 26, м. Конотоп, 41600, Україна*

В статті приведений метод техніко – економічного застосування засобів діагностування в системах управління, оснований на переведенні відмов системи з великими збитками (аваріями) в відмови з малими збитками за рахунок вводу в систему засобів діагностування.

***Ключові слова:** метод, техніко – економічний критерій, система управління, математична модель, діагностування, диференційні рівняння.*

ВСТУП

Системи управління технологічними процесами, як правило, відносяться до засобів автоматизації з техніко – економічними показниками ефективності [1]. Тобто одні відмови функцій системи викликають лише простої і збитки, які пропорційні часу цього простою від невиконання функції, другі – до простою всього технологічного комплексу і значно більшим збиткам, а треті – до аварій з великими збитками [2]. Однак в [1, 2] відсутні принципи і методи автоматичного переведу відмов в системах з великими збитками в відмови з малими збитками. Одним із методів автоматичного переведу відмов в системах з великими збитками в відмови з малими збитками є введення в системи засобів автоматичного діагностування, які ще додатково скорочують і час пошуку відмовленого пристрою системи [3].

Метою статті є підвищення ефективності роботи систем управління за рахунок автоматичного переведу відмов системи з великими збитками (аваріями) в відмови з малими збитками шляхом застосування засобів автоматичного діагностування відповідних функцій системи.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В більшості випадків практичного застосування систем їх відмови можуть бути розділені на дві категорії з двома рівнями збитків: збитки від простоїв і збитків від аварій

$$W_0 = AF_{1r1} + AF_2(\tau_2 + B/A) + Q_0, \quad (1)$$

де W_0 – середні збитки системи із-за її ненадійності ; A – питомі збитки, рівні доходу від системи; F_1, F_2 – середня частота відмов першої (простої) і другої (аварії) категорії; τ_1 і τ_2 – середній час відновлення системи після відмови першої і другої категорій; B – збитки від аварій; Q_0 – середні витрати на обслуговування. При цьому

$$F_1 = 1/(T_n + \tau_1); F_2 = 1/(T_a + \tau_2), \quad (2)$$

де T_n, T_a – напрацювання до відмови для першої і другої категорії.

Застосування засобів діагностування в системах управління не тільки скорочує час пошуку відмовленого пристрою системи [2], але змінює і співвідношення між різними категоріями відмов в бік зменшення питомої ваги відмов з більшими рівнями. В результаті цього величина

середніх збитків для систем з вбудованими засобами діагностування W при визначених умовах може бути менше середніх збитків через ненадійність системи без засобів діагностування [2]. У такому разі математичним критерієм ефективності застосування засобів діагностування в системах управління може бути співвідношення

$$W_0 - W_\partial \geq C_\partial, \quad (3)$$

де C_∂ – витрати на засоби діагностування.

По формулі, аналогічній (1), знаходять значення W і знаходять частоту відмов кожної категорії системи з введеними засобами діагностування. Знаходження цих параметрів можливо за допомогою графа станів системи із засобами діагностування [3], який приведено на рисунку 1.

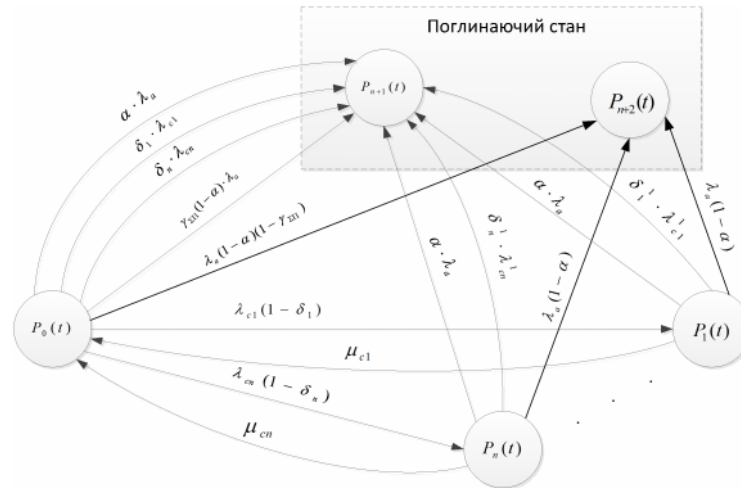


Рисунок 1 – Граф станів системи з n -введеними засобами діагностування

По заданому графу складається і розв’язується система диференціальних рівнянь, яка описує зміну в часі ймовірностей знаходження системи в різних станах [4]. Відповідна цьому графу система диференціальних рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -(\lambda_a + \lambda_{c1} + \dots + \lambda_{cn})P_0(t) + \mu_{c1}P_1(t) + \dots + \mu_{cn}P_n(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda_{c1}(1 - \delta_1)P_0(t) - (\lambda_a + \delta_1^1\lambda_{c1}^1 + \mu_{c1})P_1(t); \\ \frac{dP_n(t)}{dt} &= \lambda_{cn}(1 - \delta_n)P_0(t) - (\lambda_a + \delta_n^1\lambda_{cn}^1 + \mu_{cn})P_n(t); \\ \frac{dP_{n+1}(t)}{dt} &= (\lambda_a + \delta_1\lambda_{c1} + \dots + \delta_n\lambda_{cn})P_0(t) + (\delta_1^1\lambda_{c1}^1 + \alpha\lambda_a)P_1(t) + \dots + (\delta_n^1\lambda_{cn}^1 + \alpha\lambda_a)P_n(t); \\ \frac{dP_{n+2}(t)}{dt} &= \lambda_a(1 - \alpha)(1 - \gamma_{\Sigma n})P_0(t) + \lambda_a((1 - \alpha)P_1(t) + \dots + \lambda_a(1 - \alpha)P_n(t)), \quad (4) \end{aligned}$$

де $\alpha = \frac{\lambda_c}{\lambda_\Sigma}$, $\delta = \frac{\lambda_\partial}{\lambda_c}$, $\delta^1 = \frac{\lambda_c^1}{\lambda_c^0}$; λ_c – інтенсивність відмов системи, яка приводить до простоїв; λ_Σ – сумарна інтенсивність відмов системи; λ_∂ –

інтенсивність відмов засобів діагностування, яка приводить до простою; λ_c – сумарна інтенсивність відмов засобів діагностування; λ_c^1 – інтенсивність відмов невідмовившої частини в відмовивших засобах діагностування, яка приводить до простоїв; λ_c^0 – сумарна інтенсивність відмов невідмовившої частини в відмовивших засобах діагностування; γ – доля відмов, які виявляються засобами діагностування; μ_c – інтенсивність відновлювання введених засобів діагностування; $P_0(t), P_1(t), \dots, P_n(t), P_{n+1}(t), P_{n+2}(t)$ – ймовірності перебування системи управління і вбудованих засобів діагностування відповідно в справному стані, в стані, коли відмови n введених засобів діагностування не призводять до зупинки роботи системи, в стані, коли відмова системи і засобів діагностування призводить до зупинки в роботі системи, в стані, коли відмова системи призводить до аварії.

Величини λ_c^1 і δ^1 для тих самих засобів діагностування можуть приймати різні значення, що залежать від їх відмов. При знаходженні $P_{n+1}(t)$ і $P_{n+2}(t)$ значення величин λ_c^1 і δ^1 має бути середнім або принаймні найменшим з множини всіх можливих. Якщо за цих умов збитки від простоїв системи із засобами діагностування такі, що введення їх в систему виправдано, то при інших реально можливих умовах їх введення є доцільним.

Напрацювання системи на відмови першої T_{1n} і другої T_{2n} категорії з n введеними засобами діагностування, визначається співвідношеннями:

$$T_{1n} = \frac{T_{0n}}{\lim_{t \rightarrow \infty} P_{n+1}(t)}, T_{2n} = \frac{T_{0n}}{\lim_{t \rightarrow \infty} P_{n+2}(t)}, \quad (5)$$

де T_{0n} – напрацювання на відмову системи управління з n введеними засобами діагностування, який дорівнює

$$T_{0n} = \int_0^{\infty} t[P_{n+1}(t) + P_{n+2}(t)]' dt \quad (6)$$

Рішення системи диференціальних рівнянь (4) відносно $P_{n+1}(t)$ і $P_{n+2}(t)$ з урахуванням початкових умов $P_0(0) = I$, $P_n(0) = 0$, $n \neq 0$, а також рішення виразів (5) і (6) при оцінці ефективності застосування різних засобів діагностування доцільно виконати за допомогою електронних обчислювальних машин.

Для обґрунтованого введення засобів діагностування в систему управління необхідно скористатися коефіцієнтом відносної важливості, що є відношенням середніх питомих збитків із-за ненадійності вузла системи до середніх питомих збитків із-за ненадійності системи в цілому

$$K_j = \frac{W_j}{W_0},$$

де j – вузол системи.

Значення цих коефіцієнтів відбиває важливість діагностування відповідних функціональних вузлів. Першочерговому діагностуванню піддаються вузли з максимальним коефіцієнтом відносної важливості.

Для розуміння методу і наочності його застосування розглянемо однократний ввід засобів діагностування в систему управління, граф якого приведений на рисунку 2.

Відповідна цьому графу система диференціальних рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -(\lambda_a + \lambda_c) P_0(t) + \mu_c P_1(t), \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda_c (1 - \delta) P_0(t) - (\lambda_a + \delta^1 \lambda_c^1 + \mu_c) P_1(t), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= [\alpha \lambda_a + \delta \lambda_c + \lambda_a (1 - \alpha) \gamma] P_0(t) + (\alpha \cdot \lambda_a + \delta^1 \lambda_c^1) P_1(t), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= [\lambda_a (1 - \alpha) (1 - \gamma)] P_0(t) + \lambda_a (1 - \alpha) P_1(t). \end{aligned}$$

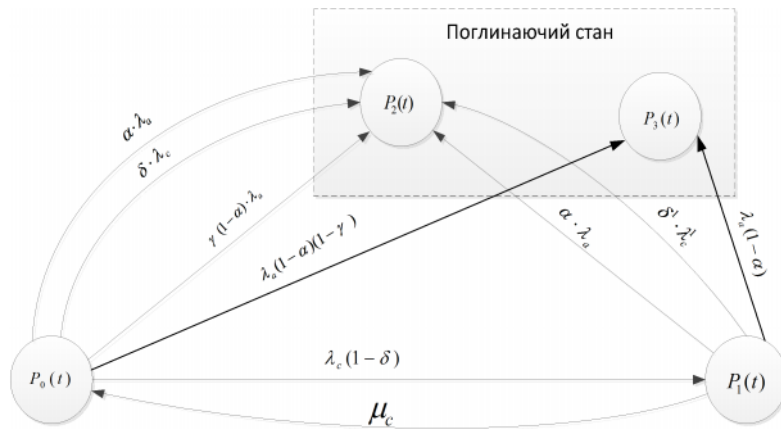


Рисунок 2 – Граф станів системи з однократним вводом засобів діагностування

Рішення даної системи диференціальних рівнянь відносно $P_2(t)$ і $P_3(t)$ за допомогою перетворення Лапласа з використанням методу Крамера і з урахуванням початкових умов $P_0(t) = 1$, $P_k(0) = 0$, $K \neq 0$, приводить до співвідношень

$$\begin{aligned} P_2(t) &= \frac{L}{S_1 S_2} + \frac{S_1 H + L}{S_1 (S_1 - S_2)} l S_1 t + \frac{S_2 H + L}{S_2 (S_2 - S_1)} l S_2 t, \\ P_3(t) &= -\frac{R}{S_1 S_2} - \frac{S_1 M + R}{S_1 (S_1 - S_2)} l S_1 t - \frac{S_2 M + R}{S_2 (S_2 - S_1)} l S_2 t, \end{aligned}$$

$$\text{де } S_{1,2} = -\frac{D}{2} \pm \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{E}{2}};$$

$$D = 2\lambda_a + \lambda_c + \lambda_c^1 \delta^1 + \mu_c;$$

$$E = \lambda_a (\lambda_a + \lambda_c + \lambda_c^1 \delta^1 + \mu_c) + \lambda_c (\lambda_c^1 \delta^1 + \delta \mu_c);$$

$$H = \lambda_a \alpha + \lambda_c + \delta + \lambda_c^1 \delta^1 + \mu_c;$$

$$L = \lambda_a^2 [\alpha + \gamma(1 - \alpha)] + \lambda_a \lambda_c (\lambda + \delta + \delta\alpha) + \lambda_a \lambda_c^1 [\alpha\delta^1 + \delta^1\gamma(1 - \alpha)] + \lambda_c (\lambda_c^1 \delta^1 + \mu_c \delta) + \lambda (1 - \alpha)(1 - \gamma);$$

$$M = \lambda_a (1 - \alpha)(1 - \gamma);$$

$$R = -\lambda_a \lambda_c (\delta - 1)(1 - \alpha) + \lambda_a (\lambda_a + \lambda_c^1 \delta^1 + \mu_c)(1 - \alpha)(1 - \gamma).$$

Напрацювання на відмову першої T_2 і другої T_3 категорії,

$$\text{обчислювальні із співвідношень } T_2 = \frac{\int_0^{\infty} t P_2^1(t) dt}{\int_0^{\infty} P_2^1(t) dt}; \quad T_3 = \frac{\int_0^{\infty} t P_3^1(t) dt}{\int_0^{\infty} P_3^1(t) dt};$$

будуть відповідно дорівнювати

$$T_2 = \frac{1}{S_1 S_2} \frac{(S_1 H + L)(S_2 - S_1) S_2^2 + (S_2 H + L)(S_1 - S_2) S_1^2}{(S_1 H + L)(S_1 - S_2) S_2 + (S_2 H + L)(S_2 - S_1) S_1};$$

$$T_3 = -\frac{1}{S_1 S_2} \frac{(S_1 M + R)(S_2 - S_1) S_1^2 + (S_2 M + R)(S_1 - S_2) S_2^2}{(S_1 M + R)(S_2 - S_1) S_2 + (S_2 M + R)(S_1 - S_2) S_1}.$$

По значеннях T_2 і T_3 , знаходять середню частоту відмов системи з введеними засобами діагностування відповідно до (2), а значення середнього часу відновлення визначають одним з відомих способів, наприклад, експериментальним шляхом, розрахунком або моделюванням. По співвідношенню (3) оцінюють ефективність застосування засобів діагностування, що розглядаються.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонований метод збільшення ефективності роботи системи управління за рахунок автоматичного перерозподілу відмов системи з великими збитками (аваріями) у відмови з малими збитками забезпечується за рахунок введення в систему засобів діагностування відповідних функціональних вузлів системи.

INDUSTRIAL AND ECONOMIC METHOD OF APPLICATION OF DIAGNOSTIC MEANS IN MANAGEMENT SYSTEMS

M. P. Matvienko,
Konotop Institute of Sumy State University,
26, Mira Avenue, 41600, Konotop, Ukraine,

In the article given the method of technical and economic application of diagnostic means in management systems, based on transition of rejections with greater losses (crashes) into rejection with less losses at the expense of input into the system of diagnostic means.

Key words: method, technological and economic criteria, management system, mathematical model, diagnostic means, differential equations.

МЕТОД ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Н. П. Матвиенко,
Конотопский институт Сумского государственного университета,
пр. Мира, 26, г. Конотоп, 41600, Украина

В статье приведен метод технико-экономического применения средств диагностирования в системах управления, основанный на переводе отказов системы с

большими убытками (авариями) в отказ с меньшими убытками за счет ввода в систему средств диагностирования.

Ключевые слова: метод, технико-экономический критерий, система управления, математическая модель, диагностирование, дифференциальные уравнения.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. - Москва: Экономика, 2004. - 16 с.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. - Москва: Высшая школа, 2003. - 489 с.
3. Очинников П. П. Вища математика. Частина II / П. П. Очинников та інші. - Київ: Техніка, 2003. - 423 с.
4. Дубовик В. П. Вища математика / В. П. Дубовик, І. І. Юрик та інші. - Київ : АСК, 2003. - 648 с.

Надійшла до редакції 15 лютого 2013 р.