

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ**

В.А. Толбатов, канд. техн. наук, доцент,

А.В. Толбатов, асистент,

С.В. Толбатов, студент

Сумський державний університет, м. Суми

Розглянуто техніко-економічне обґрунтування побудови системи управління металообробним обладнанням підвищеної надійності

Ключові слова: надійність, залежність, рішення, системний аналіз, закономірність.

Рассмотрено технико-экономические обоснования построения систем управления металлообрабатывающим оборудованием

Ключевые слова: надежность, зависимость, системный анализ, закономерность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення надійності автоматизованих систем управління обладнанням вимагає певних додаткових витрат. Ці витрати проводяться на стадії виготовлення електроустаткування і окупаються при його експлуатації.

Для оцінки ефективності додаткових витрат необхідно провести техніко-економічний аналіз традиційних рішень, що рекомендуються, з урахуванням критерію надійності, тобто рівня безвідмовності, який досягається.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Економічний ефект від підвищення надійності системи зумовлюється зниженням середнього числа відмов кожного з комплектуючих елементів. Це характеризує властивість аддитивності, з якої виходить, що надійність системи досягне необхідного рівня, якщо кожен з її елементів матиме необхідний показник надійності.

У даному випадку необхідний рівень надійності виконавчих пристроїв систем управління обладнанням визначається виходячи з умови забезпечення заданого коефіцієнту технічного використання обладнання.

Додатковий економічний ефект від використання системи, обумовлений підвищенням надійності i -го елемента, знаходиться з виразу

$$\Delta_T = (\lambda_{0i} - \lambda_{1i}) R_i T_{\text{э}} - C_i \ln \frac{\lambda_{0i}}{\lambda_{1i}}, \quad (1)$$

де λ_{0i} і λ_{1i} - початковий і досягнутий рівні інтенсивності відмов виконавчого пристрою;

R_i - середня вартість відмови системи;

$T_{\text{э}}$ - еквівалентний термін служби системи;

C_i - постійна витрат на підвищення надійності елемента (приріст вартості елемента при підвищенні його надійності).

При традиційних і рекомендованих вирішеннях систем управління поєднанню комутаційних зв'язків, забезпечується відповідно середнє напрацювання на відмову виконавчого пристрою \bar{Z}_0 і \bar{Z}_1 .

Тоді

$$\Delta_T = \left(\frac{\bar{Z}_1 - \bar{Z}_0}{\bar{Z}_1 \bar{Z}_0} \right) R_i T_{\text{э}} - C \ln \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_0}. \quad (2)$$

У загальному випадку можна вважати, що $T_3 = \delta \bar{Z}_0$. При цьому

$$\mathcal{E}_T = \delta \left(\frac{\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0 - 1}{\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0} \right) R - C \ln \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_0}. \quad (3)$$

Для інженерної оцінки додаткового економічного ефекту при традиційних і рекомендованих вирішеннях системи управління приймаємо $T_3 = \bar{Z}_0$ та спростуємо співвідношення (3). Отримуємо

$$\mathcal{E}'_T = \varepsilon \left(\frac{\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0 - 1}{\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0} \right) - \ln \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_0}, \quad (4)$$

де $\mathcal{E}'_T = \mathcal{E}_T / C$ - додатковий ефект, віднесений до приросту вартості виконавчого пристрою з проміжним елементом;

$\varepsilon = R / C$ - коефіцієнт, що характеризує відношення середньої вартості відмови системи до приросту вартості виконавчого пристрою з проміжним елементом.

Для реалізації різних варіантів схемних рішень по поєднанню комутаційних зв'язків в системах управління при традиційних і рекомендованих способах їх побудови діапазон зміни $\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0 = 1.2 \div 2$.

На рис. 1 представлені залежності $\mathcal{E}'_T = f(\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0)$ при практично можливих значеннях коефіцієнту $\varepsilon = 2 \div 10$. З представлених залежностей видно, що при конкретно досягнутому рівні підвищення надійності виконавчого пристрою і збільшенні середньої вартості відмови системи значення додаткового ефекту, віднесеного до приросту вартості даного пристрою, збільшується. Залежності $\mathcal{E}'_T = f(\bar{Z}_1 / \bar{Z}_0)$ підтверджують, що підвищення надійності виконавчих пристроїв способом, що рекомендується, з використанням додаткових елементів економічно ефективно.

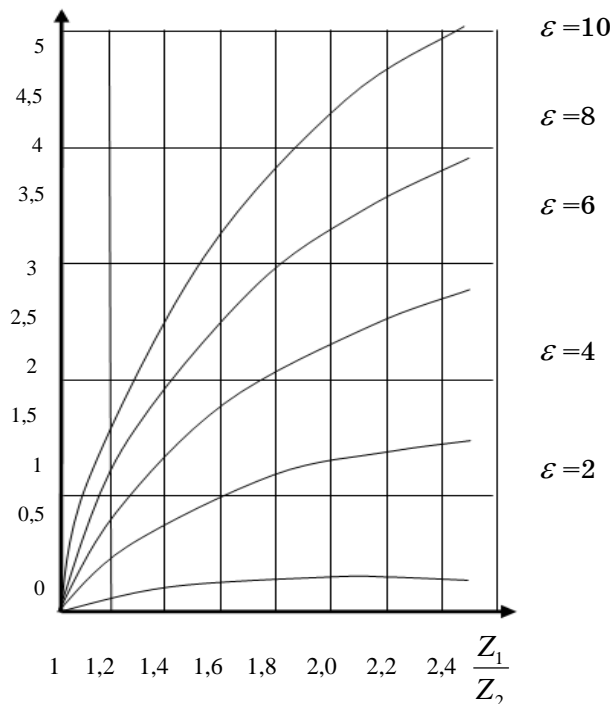


Рисунок 1 - Залежності для оцінки ефективності способу функціонування обладнання

Системний аналіз техніко-економічної ефективності пропонованого методу підвищення надійності систем управління доцільно проводити виходячи з умови забезпечення заданого коефіцієнту технічного використання.

Як впливає з вищевикладеного, необхідний рівень надійності виконавчих пристроїв можна досягти завдяки оптимізації комутаційних зв'язків. Це зумовлює необхідність в технічно обґрунтованих випадках виконати перерозподіл комутаційних зв'язків з введенням додаткових елементів.

При забезпеченні мінімально допустимого рівня напруження на відмову елементів збільшення їх кількості в системі управління приводить до зменшення коефіцієнту технічного використання обладнання. Виходячи із співвідношення [2] маємо

$$\frac{\eta_0 \mu_0 T_{AL}}{1 - \eta_0} = \frac{\eta_1 \mu_1 T_{AL}}{1 - \eta_1}, \quad (5)$$

де η_0 η_1 - коефіцієнти технічного використання (початковий і вдосконалений варіанти систем управління) $\mu_1 T_{AL}$ - елементоспрацьовувань у робочому циклі обладнання порівнюваних варіантів систем управління. Звідки

$$\eta_1 = \frac{\eta_0}{\eta_0 + k(1 - \eta_0)}. \quad (6)$$

Коефіцієнт $k = \mu_1 / \mu_0$ характеризує елементне ускладнення систем управління порівнюваних варіантів.

Закономірності, що характеризують зміну напруження на відмову виконавчих елементів змінного і постійного струму залежно від кількості зв'язків, що реалізуються, описуються співвідношеннями [2]. При збільшенні кількості зв'язків в однофункціональному ланцюзі знижується напруження на відмову виконавчих елементів.

З урахуванням вищевикладеного відносно зниження середнього напруження, що фактично досягається, на відмову елементів системи управління складає

$$\delta = \frac{(d - d_1) + \sum_{i=1}^{d_1} \frac{n_i}{n_{\Phi i}}}{d}, \quad (7)$$

де $\delta = Z_{\Phi} / Z_{\min}$;

d - сумарне число елементів, що функціонують в робочому циклі;

d_1 - число виконавчих елементів, що мають $n_{\Phi i} > n_i$;

$n_{\Phi i}$ і n_i - фактична і оптимальна (що рекомендується) кількість комутаційних зв'язків і-го виконавчого елемента.

Згідно приведених допущень відносно зниження середнього напруження складає

$$\delta = \frac{\eta_{\Phi}(1 - \eta)}{\eta(1 - \eta_{\Phi})}, \quad (8)$$

де η і η_{Φ} - необхідний і фактичний коефіцієнти технічного використання.

Із співвідношення (8) знаходимо

$$\eta_{\Phi} = \frac{\delta \eta}{1 + \delta \eta - \eta}. \quad (9)$$

При способі, що рекомендується, для побудови систем управління металоріжучим обладнанням з оптимізацією комутаційних зв'язків і

використанням додаткових елементів коефіцієнт технічного використання визначається із співвідношення (6).

З достатнім технічним обґрунтуванням вибір кількості додаткових елементів проводиться виходячи з умови забезпечення підвищення коефіцієнту технічного використання обладнання, тобто

$$\frac{\eta}{\eta + k(1 - \eta)} > \frac{\delta\eta}{1 + \delta\eta - \eta}. \quad (10)$$

Виходячи з нерівності (10) технічно доцільна кількість додаткових елементів

$$d'_1 < \frac{1 - \delta}{\delta} d. \quad (11)$$

Практично для конкретної системи управління проводяться:

- вибір d_1 однофункціональних ланцюгів з $n_{\Phi i} > n_i$;
- розрахунок δ за формулою (7);
- визначення d'_1 за формулою (11).

При $d'_1 < d$ найбільш критичні ланцюги з погляду безвідмовності і ремонтпридатності виконуються відповідно до розроблених рекомендацій.

Вибір d'_1 / d проводиться згідно даним, наведеним нижче.

$\delta \dots$	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
$d'_1 / d, \% \dots$	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ВИСНОВКИ

Завдяки запропонованому методу в роботі обґрунтовано вибір кількості додаткових елементів з умови забезпечення підвищення коефіцієнту технічного використання металообробного обладнання

При коефіцієнті технічного використання рівня 0,9 кількість додаткових елементів може бути не більше одинадцяти, а при коефіцієнті 0,99 тільки один.

SUMMARY

THE TECHNICAL AND ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE HIGH RELIABILITY MANAGEMENT SYSTEM DEVELOPMENT

W.A. Tolbatov, A.W. Tolbatov, S.W. Tolbatov

Sumy State University

We consider a feasibility study of building management systems, metal-working equipment.

Key words: *reliability, dependence, system analysis, pattern.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Толбатов В.А. Методологічні основи вибору критерію параметричної надійності електричних систем управління металорізальним обладнанням / В.А. Толбатов, А.В. Толбатов // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. – 2010. – №1. – С.37-45.
2. Толбатов В.А. Інженерний синтез за критерієм надійності електричних систем керування металорізальним обладнанням із жорсткою логікою (стаття) Ж. / В.А. Толбатов, А.В. Толбатов, С.В. Толбатов // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. – 2011. – №2. – С.48-54.
3. Червяков В.Д. Основи надійності об'єктів системотехніки: навчальний посібник / Червяков В.Д., Павлов А.В, О.Ю. Журавльов. – Видавництво СумДУ, 2011 р.

Надійшла до редакції 4 травня 2012 р.