

мікроелектроніці: матеріали XIII міжнародної конференції CADSM-2015, 24-27 лютого 2015, Поляна, Україна / Національний Університет "Львівська Політехніка". – Л.: Вежа і Ко, 2015 – С.226-230- Парал.тит.арк.англ.

5. Tymoshchuk P., Shatnyi S. Hardware Implementation Design of Analog Neural Rank-Order filter // Перспективні технології і методи проектування МЕМС: матеріали дванадцятої міжнар. конф. MEMSTECH 2015, 2-6 вересня 2015, Поляна, Україна / Національний Університет "Львівська Політехніка"– Л.: Вежа і Ко, 2015 – С.88-91- Парал.тит.арк.англ.

УДК 519.216+504.064

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМ ОБ'ЄКТОМ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ

Бойко Т.В., Вавулін П.А.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОБЪЕКТОМ С УЧЕТОМ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

Бойко Т.В., Вавулин П.А.

METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF INDUSTRIAL OBJECTS AUTOMATION BASED ON TECHNOGENIC RISK VALUE

Boyko T., Vavulin P.

**Національний технічний університет України «КПІ»,
Київ, Україна**

lestatxa81@gmail.com

В даній статті наведено методологічні засади управління виробничим процесом з урахуванням техногенного ризику. Запропонована методика включає в себе оцінку надійності та якості управління технологічним процесом в умовах невизначеності. Що в свою чергу, дозволяє оптимізувати процес управління техногенним об'єктом з урахуванням його надійності.

Ключові слова: техногенний ризик, управління, оцінка надійності, оптимізація в умовах невизначеності, прийнятний ризик

В данной статье представлены методологические основы управления производственным объектом, с учетом техногенного риска. Предложенная методика включает в себя оценивание надёжности и качества управления технологическим процессом в условиях неопределенности. Что в свою очередь, позволяет оптимизировать процесс управления техногенным объектом с учетом его надёжности.

Ключевые слова: техногенный риск, управление, оценка надёжности, оптимизация в условиях неопределенности, приемлемый риск.

In this article described methodological principles of industrial objects automation based on technogenic risk value. These principles include reliability assessment and quality of automation

system assessment in uncertainty conditions. Using of this method allows optimizing process of technical system automation, with taking to account its reliability.

Keywords: *technical risk, probability, reliability assessment, optimizing in uncertainty conditions, risk assessment.*

Вступ

Кожний технологічний процес повинен орієнтуватися на технології, які дозволяють максимально знизити ймовірність аварії і зменшити надходження небезпечних речовин у навколишнє середовище. З іншого боку, як доводить світовий досвід, забезпечити повністю безаварійну роботу технічних систем, на даному етапі розвитку технологій, не представляється можливим. Саме тому, аналіз техногенного ризику та отримання його прогнозного значення для побудови систем автоматизації являється надзвичайно важливим, адже дає можливість передбачити виникнення аварійної ситуації та мінімізувати її наслідки.

Питання оцінки і прогнозування виникнення аварій і катастроф, а також їх економічної складової носить надзвичайно важливий характер [1]. В контексті актуальності питань аварійної безпеки, виявляється необхідним розвиток теорії техногенних ризиків.

1. Постановка задачі та аналіз досліджень

Проблеми застосування математичних методів до оцінки техногенних та економічних ризиків постійно перебувають у полі зору науковців. Істотний внесок у розроблення теоретичних і практичних аспектів оцінювання ризику з використанням елементів теорії імовірності внесли А. Єгоров, Т. Савицька, В. Острейковський, А. Можаяєв, В. Громов, В. Алимов, Н. Тарасова, В. Акімов, Н. Радаєв, Г. Рева, П. Борисов.

Розглянемо задачу проектування ХТП і системи керування ним.

Для початку розглянемо дві супутні задачі: задачу оцінки надійності і якості керування в умовах невизначеності [2]. Вважаємо, що розглядається об'єкт з зосередженими параметрами, динамічна модель якого має наступний вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = \bar{\varphi}_i(d, z, x, \theta) + \beta u + \omega(t), \quad (1)$$

де $\bar{\varphi}_i$ – функція, яка описує перетворення, введення і виведення речовини і тепла в апаратах, u – вектор керуючих дій від регуляторів, для стабілізації стаціонарного режиму x , $\omega(t)$ – збурення, z – вектор змінних, що характеризують вхідні, керуючі потоки.

Для стабілізації змінних z можуть бути використані системи автоматичного регулювання. Перехідними процесами в них будемо нехтувати, оскільки їх час набагато менше часу перехідних процесів в самих об'єктах. Крім того будемо вважати, що зміни в θ протікають настільки повільно, що ними також можна знехтувати.

Розглянемо задачі стійкості систем «об'єкт + регулятор». Будемо вважати, що $\omega(t) = 0$. Зазвичай використовуються регулятори, що мають пропорційну, інтегральну і диференціальну складові [2]. В такому випадку u має наступний вигляд:

$$u = -(k(x - x^*) + a \int (x - x^*) dt + b \frac{dx}{dt}), \quad (2)$$

де k, a, b – діагональні матриці налаштувань регулятора, x^* – значення змінних, що відповідають оптимальному стаціонарному режиму.

Для простоти викладення будемо вважати, що в регуляторі використовується лише пропорційна складова:

$$u = -k(x - x^*), \quad (3)$$

Підставляючи вираз для u в (1), отримаємо систему диференціальних рівнянь, що описують динаміку системи «об'єкт + регулятор»:

$$\frac{dx}{dt} = \bar{\varphi}(x, z, \theta), \quad (4)$$

При фіксованих значеннях компонент вектора θ добре відомі умови стійкості в «малому» (стійкості за Ляпуновим) системи (4). Якщо серед власних чисел матриці:

$$A = \left(\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial x} \right)_{x=x^*}, \quad (5)$$

Немає комплексних чи нульових, то із асимптотичної стійкості системи першого наближення:

$$\frac{d\delta x}{d\delta t} = A\delta x, \quad (6)$$

Де $\delta x = x - x^*$, витікає асимптотична стійкість по Ляпунову стаціонарного режиму системи (4). Для асимптотичної стійкості системи (6) необхідно і достатньо, щоб усі корені $\gamma_i, i=1, \dots, n$ характеристичного рівняння:

$$\det[\gamma E - A] = a_0 \gamma^n + a_1 \gamma^{n-1} + \dots + a_{n-1} \gamma + a_n, \quad (7)$$

Мали від'ємні дійсні частини:

$$\operatorname{Re} \gamma_i < 0, i=1, \dots, n, \quad (8)$$

Умови Рауса-Гурвіца:

$$\Delta_1 = -a_0 < 0, \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_4 \end{vmatrix} < 0, \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} < 0, \quad (9)$$

Дають необхідні і достатні умови виконання нерівностей (8). Введемо наступні позначення:

$$\Psi_j = \operatorname{Re} \gamma_{j-m}, \text{ або } \Psi_j = \Delta_{j-m}, j = m+1, \dots, m+n, \quad (10)$$

Розглянемо тепер проблему стійкості для системи (4) з невизначеними коефіцієнтами. Будемо вважати, що кожному θ відповідає деяке значення вектора статичних керуючих змінних $z(\theta)$. Будемо вважати, що система диференціальних рівнянь (4) з невизначеними коефіцієнтами θ стійка в «малому», якщо для будь-якого θ , що належить до області T , і відповідає $z(\theta)$, можливо знайти такі значення налаштувань k регулятора, при яких відповідний стаціонарний режим стійкий (виконуються нерівності (8) та (9)).

Ці визначення можна записати наступним чином:

$$\forall \theta \in T \left\{ \exists k \left[\forall j \in I_3 (\Psi_j < 0) \right] \right\}, \quad (11)$$

де $I_3 = (m+1, \dots, m+n)$.

Отримуємо наступні умови стійкості в «малому» ХТП:

$$\chi_3(d, z(\theta)) = \max_{\theta \in T} \min_{k \in K} \max_{j \in I_3} \Psi_j < 0, \quad (12)$$

Перевірка даних умов дає відповідь на питання, чи здатна система регулювання забезпечити стійку роботу системи «об'єкт + регулятор».

Розглянемо тепер задачу оцінки якості регулювання в умовах невизначеності. Нехай на об'єкт діє збурення $w(t)$. Апроксимуємо $w(t)$ функцією $\bar{w}(t)$ вигляду:

$$\bar{w}(t) = \begin{cases} w_1, 0 \leq t \leq t_1 \\ w_2, t_1 \leq t \leq t_2 \\ \dots \\ w_N, t_{N-1} \leq t \leq t_N \quad (t_N = \bar{t}) \end{cases}, \quad (13)$$

де \bar{t} – період роботи ХТП, N – кількість інтервалів апроксимації. Позначимо через \bar{W} вектор з компонентами w_1, \dots, w_N .

Нехай $x_i^{max} = \max_{0 \leq t \leq t_N} x_i(t)$, $x_i^{min} = \min_{0 \leq t \leq t_N} x_i(t)$. Вимагається виконання обмежень:

$$\Psi_j = x_j^{max} - \delta_j^+ \leq 0, \quad j = m+n+1, \dots, m+2n. \quad (14)$$

$$\Psi_j = \delta_j^- - x_j^{min} \leq 0, \quad j = m+2n+1, \dots, m+3n.$$

По аналогії з визначенням функції χ_3 можна отримати функцію:

$$\chi_4[d, z(\theta)] = \max_w \min_{k \in K} \max_{j \in J_4} \Psi_j, \quad J_4 = (m+n+1, \dots, m+3n), \quad (15)$$

Яка характеризує найбільше порушення обмеження (14). Функції χ_3 та χ_4 будемо називати динамічними функціями гнучкості. Якщо необхідно одночасно оцінити стійкість і якість регулювання, то доцільно ввести функцію $\chi_5[d, z(\theta)] = \max_w \min_{k \in K} \max_{j \in J_5} \Psi_j$, де $J_5 = (n+1, \dots, m+3n)$.

2. Результати досліджень і висновки

Головною задачею теорії гнучкості та надійності є створення стійкого, працездатного ХТП. До останнього часу ці теорії розвивались незалежно. Теорія гнучкості вирішувала задачу побудови працездатного ХТП лише в умовах неперервної зміни зовнішніх та внутрішніх факторів. Засобами підвищення працездатності являлись коефіцієнти запасу для конструктивних змінних. Теорія надійності вирішувала задачу побудови працездатного ХТП у випадку дискретних змін в ХТП (вихід з ладу будь-якого обладнання, блоку). Засобом побудови надійного ХТП було резервування.

Останнім часом з'явилися роботи в яких методи цих теорій об'єднуються [3]. Розглянемо питання оцінювання гнучкості ХТП в умовах безперервних і дискретних змін при роботі ХТП. Нехай під час роботи ХТП можливий вихід із ладу будь-яких блоків (при збереженні загальної працездатності ХТП). Позначимо через s деякий стан усього ХТП. Введемо бінарні змінні y_l^s .

$$y_l^s = \begin{cases} 1 \text{ якщо } l\text{-й блок працездатний, коли ХТП} \\ \text{знаходиться в стані } s \\ 0 \text{ в супротивному випадку} \end{cases} \quad (16)$$

Позначимо через Y_1^s набір працездатних блоків s -го варіанту ХТП $Y_1^s = \{l : y_l^s = 1\}$ і через Y_0^s набір непрацюючих блоків s -го варіанту ХТП $Y_0^s = \{l : y_l^s = 0\}$.

Ймовірність $P(s)$ s -го варіанту ХТП дорівнює:

$$P(s) = \prod_{l \in Y_1^s} p_l \prod_{l \in Y_0^s} (1 - p_l), \quad s = 1, \dots, 2^L \quad (17)$$

Де L – число блоків. Тоді ймовірність $E(SF)$ допустимої роботи ХТП з урахуванням дискретних і неперервних змін дорівнює:

$$E(SF) = \sum_{s=1}^{2^L} SF^s(d)P(s), \quad (18)$$

Де $SF^s(d)$ - стохастична гнучкість s -го варіанту ХТП.

З урахуванням даних положень, принципів та використовуючи попередні розробки [4], можна зробити висновок про доцільність створення АСУТП з використанням прогнозних значень техногенного ризику.

Інтеграція програмних комплексів для автоматизованого розрахунку ймовірності відмови складної технічної системи у режимі нормальної експлуатації, з методами теорії гнучкості і надійності, дозволить значно зменшити рівень техногенної небезпеки працюючих виробничих та промислових комплексів.

Література

1. *Биченок, М.М.* Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі [Текст] / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Ін-т проблем нац. безпеки Ради нац. безпеки і оборони України. – К., 2008. – 160 с.
2. *Островский Г.М.* Методы оптимизации химико-технологических процессов: Учеб.пособие [Текст] / Г.М. Островский, Ю.М. Волин, Н. Н. Зиятдинов // М. – КДУ, 2008. – 424 с.
3. *Thomaidis T.* Optimal design and Reliable process systems [Text] / T. Thomaidis, E. Pistikopolous // IEEE Transactions on Reliability, 1995, v.44 – p. 243-250.
4. *Вавулин П.А.* Расчет прогнозного техногенного риска промышленных объектов при эксплуатации [Текст] / П. А. Вавулин, Т. В. Бойко, // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. –Т. 5, № 10 (71). – С. 42–46. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/27981>

УДК 681.5.013

КЕРУВАННЯ ВОДООЧИСНИМ ОБЛАДНАННЯМ ДРУГОГО КОНТУРУ ЕНЕРГОБЛОКУ АЕС

Медведєв Р.Б., Сангінова О.В., Мердух С.Л., Виноградов Є.В.

УПРАВЛЕНИЕ ВОДООЧИСТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ВТОРОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКА АЭС

Медведев Р.Б., Сангинава О.В., Мердух С.Л., Виноградов Е.В.

CONTROL OF WATER PURIFICATION EQUIPMENT AT THE SECONDARY CIRCUIT OF NPP POWER UNIT

Medvedev R., Sanginova O., Merdukh S., Vynogradov E.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна
merdukh.svetlana@gmail.com

В даній роботі розглянута система керування в середовищі Control Builder із використанням мікроконтролера С200, яка інформує оператора технолога про стан