

# ANALYTICAL METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF INDUSTRIAL PID REGULATOR

*Y. Shurub*

**Annotation.** *The study and justification of possibilities of using of analytical methods for the determination of the parameters of regulators in automatic control systems of technological processes are carried out. Areas of application of different types of regulators are identified.*

**Key words:** *automatic control system, synthesis of controller, settings parameters.*

УДК 621.314

## МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

*О. І. Щепотьєв, кандидат технічних наук  
А. В. Жильцов, доктор технічних наук  
В. В. Васюк, асистент  
e-mail: azhilt@gmail.com*

**Анотація.** *Розглянуто методи підвищення якості експлуатаційного контролю складних систем.*

**Ключові слова:** *надійність, допусковий контроль, інструментальна достовірність, об'єкт контролю.*

Зростання вимог до ефективності експлуатації складних систем призводить до необхідності вирішення задач забезпечення високої якості інформації, яка циркулює в системі управління.

**Мета досліджень** – обґрунтування методів підвищення якості експлуатаційного контролю складних систем.

**Матеріали та методика досліджень.** Ефективність експлуатації – це ступінь реалізації можливостей органу управління в інтересах забезпечення реалізації максимальних можливостей об'єкта управління. Вона залежить від ступеня інформованості, тобто ступеня забезпеченості органу управління достовірними відомостями для прийняття оптимального (доцільного) рішення.

У процесі здійснення експлуатаційного контролю допускається повна безвідмовність засобів контролю, а можливі результати контролю обумовлені лише їх точнісними характеристиками і фактичним станом об'єкта контролю [3].

Показник інформованості повинен мати інтегрований характер і відображувати якість всієї інформації, необхідної для прийняття рішення.

Як такий показник може бути використана достовірність експлуатаційного контролю.

Достовірність експлуатаційного контролю – це показник ступеня об'єктивності відображення результатами контролю дійсного стану того чи іншого об'єкта. Вона може бути представлена у вигляді двох її складових: методичної достовірності та інструментальної достовірності.

Методична достовірність – це складова достовірності експлуатаційного контролю, яка визначається сукупністю ознак об'єкта контролю, методикою опрацювання інформації, прийнятими критеріями оцінки стану об'єкта та ін.

Величина методичної достовірності інформації ( $D_m$ ) може бути визначена як відношення кількості інформації  $J_{n_k}$ , отриманої в результаті опрацювання  $n_k$  параметрів (ознак) об'єкта, до ентропії об'єкта  $H_0(N)$ :

$$D_m = \frac{J_{n_k}}{H_0(N)} = \frac{H_0(N) - \sum_{i \in n_H} \text{Pr}_i H_0(n_H)}{H_0(N)},$$

де  $H_0(n_H) = \sum_{i \in n_H} \text{Pr}_i \cdot \log_2 \cdot \text{Pr}_i - (1 - \sum_{i \in n_H} \text{Pr}_i) \log_2 (1 - \sum_{i \in n_H} \text{Pr}_i)$  – ентропія множини  $n_H$

ознак об'єкта, які не входять до складу  $n_k$  ознак;

$p_i$  – ймовірність отримання достовірної інформації про об'єкт під час опрацювання інформації за  $i$ -ю ознакою;

$n_H$  – множина ознак об'єкта, за якими опрацювання інформації не здійснюється (інформація невідома);

$N$  – загальна кількість ознак.

Якщо  $n_k = N$ , то  $D_m = 1,0$ .

Методична достовірність результатів контролю залежить також від кількості джерел (кількості параметрів), з яких інформація надходить від об'єкта контролю до системи контролю.

Інформація за  $i$ -ю ознакою може бути достовірною або помилковою, інформація  $I_i^*$  є повна об'єктивна інформація за  $i$ -ю ознакою  $I_i$ , помножена на її перетворення при передачі до користувачів (авторитет),  $d_i$ , (рис.1), де  $d_i$  – достовірність інформації за  $i$ -ю ознакою об'єкта, тобто ймовірність того, що результати контролю за  $i$ -ю ознакою є правдивими.

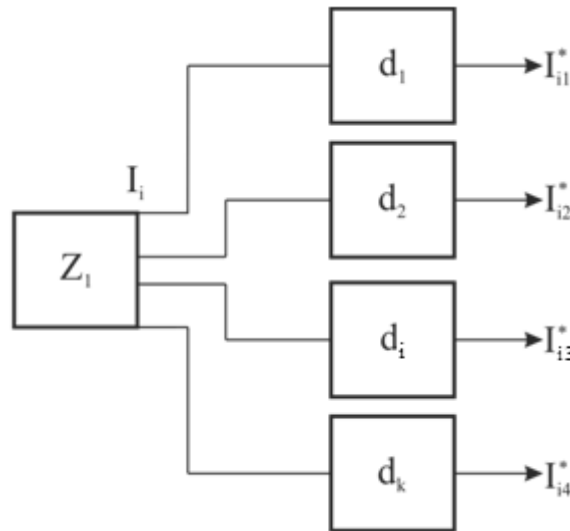
Тому наявність декількох джерел інформації (параметрів) можна розглядати як систему постачальників інформації (зі своєю ймовірністю, що інформація правдива), які резервують один одного з метою підвищення достовірності інформації про стан об'єкта в цілому.

При багатопараметровому контролі інформація про стан об'єкта в цілому буде хибною, якщо вона буде хибною за кожною ознакою, тобто:

$$Q = q_1 \cdot q_2 \dots q_i \dots q_k = \prod_{i=1}^k q_i,$$

де  $Q$  – ймовірність того, що інформація про стан об'єкта в цілому буде помилковою;

$q_i$  – ймовірність того, що інформація за  $i$ -ю ознакою об'єкта буде помилковою.



**Рис. 1. Схема передачі інформації до користувачів**

При цьому, ймовірність того, що інформація про стан об'єкта контролю в цілому буде достовірною,  $D$  визначається таким виразом:

$$D_m = 1 - Q = 1 - \prod_{i=1}^K q_i = 1 - (1 - d_1) \cdot (1 - d_1) \dots$$

$$\dots (1 - d_i) \dots (1 - d_k) = 1 - \prod_{i=1}^K (1 - d_i)$$

Наприклад, якщо достовірність інформації за кожною з чотирьох ознак становить 0,9, то достовірність інформації про об'єкт в цілому дорівнює:

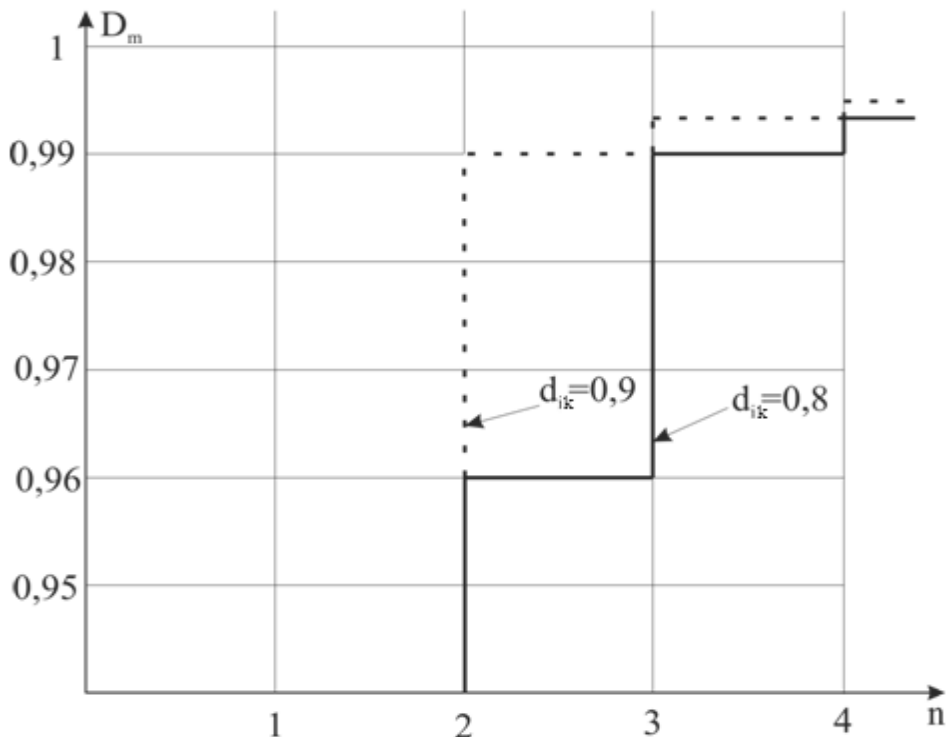
$$D_m = 1 - \prod_{i=1}^K (1 - d_i) = 1 - \prod_{i=1}^4 (1 - 0,9) = 1 - 0,1^4 = 0,9999.$$

Це означає, що ймовірність отримання неправдивої інформації від системи з чотирьох ознак (параметрів) зменшена відносно однієї ознаки в  $10^4$  разів. При цьому, достовірність контролю буде збільшуватися зі збільшенням кількості контрольованих параметрів (ознак) і значень достовірності контролю по кожному з них.

**Результати досліджень.** Характер зміни  $D$  залежно від кількості джерел  $n$  при значеннях  $d_i = 0,8$  і  $d_i = 0,9$  проілюстровано на рис. 2.

Таким чином, при збільшенні достовірності інформації за кожної з ознак і кількості ознак методична достовірність контролю суттєво зростає. При цьому, з'являється можливість забезпечити необхідну величину достовірності контролю об'єкта в цілому.

Інструментальна достовірність – це складова достовірності контролю, яка визначається ймовірнісними властивостями ознак об'єкта контролю, видом алгоритму опрацювання результатів контролю, точнісними характеристиками засобів вимірювання та ін.



**Рис. 2. Характер зміни достовірності інформації залежно від кількості джерел**

При зменшенні відношення похибки вимірювача до величини допуску параметра величина інструментальної достовірності збільшується.

*Наприклад.* При величині допуску на значення параметра  $\Delta_{\text{II}} = 10\%$ , і похибки вимірювача  $\Delta_1 = 0,3\%$  величина  $\frac{\sigma_i}{\sigma_{\text{II}}} = 0,033$ . З графіка залежності

достовірності  $D_i, D_j$  значень цього співвідношення визначаємо величину  $D_i = 0,9$ .

Величина інструментальної достовірності інформації в цілому по об'єкту може бути визначена так:

$$D_i = \prod_{j=1}^N D_{ij}$$

де  $D_j$  – інструментальна достовірність інформації за  $j$ -ю ознакою об'єкта;

$N$  – загальна кількість ознак (параметрів).

Одним із методів підвищення інструментальної достовірності результатів контролю є застосування принципу мажоритарної логіки. При цьому проводять багаторазове вимірювання значень параметрів і як ймовірне вважають усереднене значення. Сутність підвищення точності вимірювань полягає в тому, що при багаторазовому вимірюванні середня квадратична помилка середнього арифметичного результату з  $m$  вимірювань становитиме

$$\sigma = \frac{\sigma_i}{\sqrt{m}},$$

де  $\sigma_i$  – середньоквадратична помилка одного виміру;

$m$  – кількість вимірювань.

Це справедливо, якщо вимірювання вільні від систематичних похибок.

При багаторазових вимірюваннях можна практично повністю звільнитися від впливу збоїв на кінцевий результат. Для цього необхідно до усереднення опрацьовувати приватні результати вимірювань за принципом мажоритарної логіки. Цей принцип дозволяє оцінювати результати декількох вимірів за системою евритичного голосування.

Так, робота мажоритарного елемента на три входи описується перемикаючою функцією  $M(xyz)$ , яка визначається такою таблицею.

**Робота мажоритарного елемента на три входи**

Номер набору	0	1	2	3	4	5	6	7
x	0	0	0	1	0	1	1	1
y	0	0	1	0	1	0	1	1
z	0	1	0	0	1	1	0	1
$M(xyz)$	0	0	0	0	1	1	1	1

Функція  $M(xyz)$  дорівнює "1" на тих наборах, на яких більшість аргументів дорівнює "1" і "0" – на решті наборів. Методика застосування мажоритарної логіки передбачає необхідність вирішення наступних задач:

– визначення кількості вимірювань  $m$  для підвищення точності вимірювань;

– визначення кількості повторних операцій  $n$ , при якому можна очікувати не менш  $m$  вірних результатів з імовірністю  $R_{m,n}$ , де  $m < n$ .

Загальна достовірність експлуатаційного контролю може бути визначена як множення величин її складових, тобто множення величин методичної достовірності  $D_m$  та інструментальної достовірності  $D_i$  контролю

$$D = D_m \cdot D_i$$

Отже, якість інформації залежить від множини чинників, які визначаються як характеристиками самого об'єкта контролю, так і характеристиками засобів і заходів, які використовуються при одержанні та опрацюванні інформації. При цьому, похибки технічних засобів вимірювань повинні бути відносно розмірів допуску на відхилення значень контрольованого параметра від його номінального значення менше, ніж у три рази.

З іншого боку, вимірювання всіх параметрів дає змогу отримувати надмірну інформацію, тобто більшу, ніж величина ентропії. При цьому, вибір необхідної кількості надмірної інформації  $I$  повинен бути пов'язаний з кількістю припустимих витрат на отримання інформації  $S$ . Це може бути отримано після вирішення визначених задач із застосуванням визначених показників ефективності. Наприклад, можлива постановка двох задач:

1. Необхідно забезпечити максимальну кількість інформації  $I$  при заданих витратах  $S_{\text{зад}}$ :

$$I = \max; S \leq S_{\text{зад}};$$

2. Необхідно забезпечити мінімальну кількість витрат  $S$  при заданому рівні кількості інформації  $I_{\text{зад}}$ :

$$S = \min; I \geq I_{\text{зад}}.$$

Цю задачу можна вирішити й іншими шляхами, наприклад, із застосуванням показника «інформація-витрати»  $I/S$ .

### **Висновки**

Таким чином, для досягнення необхідної якості експлуатаційного контролю необхідно планувати й проводити цілу низку методичних заходів щодо побудови найбільш раціональної структури процесу отримання необхідної кількості інформації та її всебічного аналізу і синтезу задля забезпечення високої якості експлуатаційного контролю.

При цьому, надійність системи контролю повинна бути на порядок вище за надійність об'єкта контролю, а похибки технічних засобів вимірювань – менші за розміри допуску на контрольований параметр (не менше, ніж у три рази).

### **Список літератури**

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 364 с.
2. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.
3. Щепотьев А. И. Инструментальная достоверность результатов контроля и её зависимость от характеристик контролируемых параметров и средств контроля / А. И. Щепотьев, А. Ю. Смаковенко // Средства индикации и управления систем автоматизированного контроля авиационной техники; инв. 3041. – М. : ВВС, 1972.

## **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

***А. И. Щепотьев, А. В. Жильцов, В. В. Васюк***

***Аннотация.*** Рассмотрены методы повышения качества эксплуатационного контроля сложных систем.

***Ключевые слова:*** надежность, допусковый контроль, инструментальная достоверность, объект контроля.

## **METHODS FOR IMPROVING THE QUALITY OF OPERATIONAL CONTROL OF COMPLEX SYSTEMS**

***A. Schepotyev, A. Zhiltsov, V. Vasyuk***

***Annotation.*** Methods for improving the quality of operational control of complex systems.

***Key words:*** reliability, tolerance control, the accuracy of the tool, the object of control.