

Beginning trigger abrupt mode take time fuel supply after ignition. With the resulting equations can analyze fuel consumption in the starting mode and during normal operation at the design stage of submerged combustion evaporator.

Can be used parameters obtained starting mode when designing control systems and automation and the development of necessary technical means. Can define fuel consumption in the starting mode and in the mode of technology exploitation, define duration apparatus starting mode.

Keywords: submerged combustion evaporator, start mode, evaporation.

References

1. Udyta P. G. Apparaty s pogruzhnymi gorelkami [Devices with submerged burners] / P. G. Udyta. – М. : Mashinostroenie, 1973. – 272 p.
2. Alabovskiy A. N. Vuparnye apparaty pogruzhnogo gorennya [Evaporators of submerged combustion] / A. N. Alabovskiy. – К. : Vishcha shkola, 1980. – 120 p.
3. Spravochnik po avtomatizatsii tselulozno-bumazhnykh predpriatii [Handbook of automation pulp and paper mills] / E. V. Tseshkovskiy, N. S. Piryach, G. D. Erashkin et al. – М. : Lesnaia promyshlennost, 1989. – 368 p.

УДК 66-9

КВАСКО М. З., к.т.н., проф.; ЖУРАКОВСЬКИЙ Я. Ю., ст. викл.;
МИЛЕНЬКИЙ В. В., к.т.н., доц.; НОСОВ А. О., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КЕРУВАННЯ ВИПАРЮВАННЯМ В АПАРАТІ ЗАНУРЕНОГО ГОРІННЯ

Побудовано систему керування апаратом зануреного горіння як двовимірним об'єктом із взаємозалежними перехресними зв'язками. Запропоновано структуру системи незалежного керування кожною змінною із використанням цифрових регуляторів і цифрових компенсаторів.

Ключові слова: апарат зануреного горіння, двовимірний об'єкт, система керування.

© Кваско М. З., Жураковський Я. Ю., Миленький В. В., Носов А. О., 2014.

Постановка проблеми. Більшість хіміко-технологічних процесів є динамічними системами з багатьма керованими змінними, пов'язаними між собою через об'єкт керування. Щоб забезпечити якість процесу керування в системах автоматичного регулювання із взаємозалежними керованими змінними, необхідно компенсувати вплив внутрішніх зв'язків об'єкта керування шляхом введення в систему цифрових компенсаторів.

Метою статті є аналіз структури системи керування випарювання у випарнику зануреного горіння та розрахунок передавальних функцій компенсаторів.

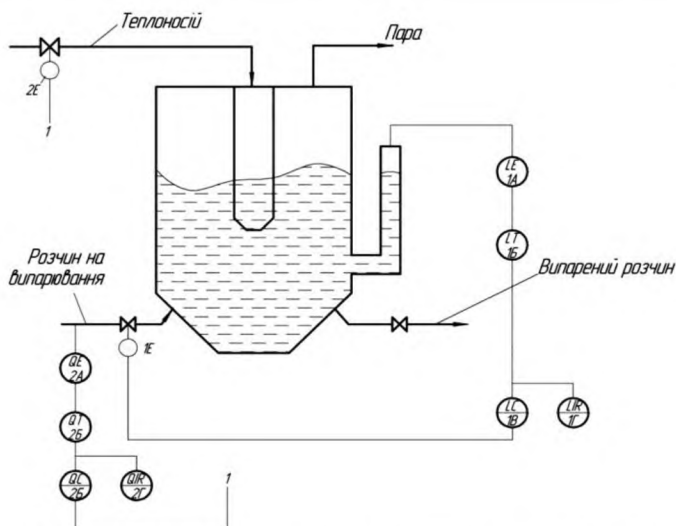
Виклад основного матеріалу. Прикладом об'єкта з багатьма взаємопов'язаними керованими змінними є апарат зануреного горіння (АЗГ) [1] в якому необхідно регулювати рівень і концентрацію розчину (рис. 1).

Випарний АЗГ є об'єктом із двому взаємозалежними перехресними зв'язками [2], оскільки концентрація залежить не лише від кількості випареної води, але й від висоти рівня рідини в апараті (рис. 2). Щоб компенсувати перехресні зв'язки між цими змінними, необхідно ввести в систему автоматичного регулювання компенсатори.

Зображення керованих значень концентрації й рівня розчину [3]:

$$Y_1(z)=[W_{11}(z)D_{11}(z)+W_{12}(z)D_{21}(z)]E_1(z)+[W_{11}(z)D_{12}(z)+W_{12}(z)D_{22}(z)]E_2(z);$$
$$Y_2(z)=[W_{21}(z)D_{12}(z)+W_{22}(z)D_{22}(z)]E_2(z)+[W_{21}(z)D_{11}(z)+W_{22}(z)D_{21}(z)]E_1(z),$$

де $Y_1(z)$ – вихідне значення концентрації рідини в АЗГ; $Y_2(z)$ – вихідне значення рівня рідини в АЗГ; $W_{11}(z)$, $W_{12}(z)$, $W_{21}(z)$, $W_{22}(z)$ – дискретні передавальні функції відповідних об'єктів керування; $D_{11}(z)$, $D_{22}(z)$ – дискретні передавальні функції цифрових регуляторів; $D_{12}(z)$, $D_{21}(z)$ – дискретні передавальні функції цифрових компенсаторів; $E_1(z)$ і $E_2(z)$ – зображення розузгодженості між зображеннями заданого й поточного значень концентрації й рівня рідини в АЗГ.



1А, 1Б, 1В, 1Г, 1Е – датчик, перетворювач, регулювальний прилад та орган контура керування рівнем;
2А, 2Б, 2В, 2Г, 2Е – датчик, перетворювач, регулювальний прилад та орган контура керування концентрацією

Рис. 1 – Схема регулювання

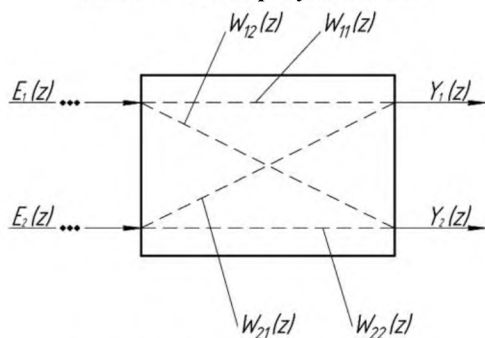


Рис. 2 – Схема зв'язків в АЗГ

$$Y_1(z) = \frac{\left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)} E_1(z)}{1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)}}, \quad Y_2(z) = \frac{\left(1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)} E_2(z)}{1 - e^{-\frac{T^I}{T_{23}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)}}.$$

Порівнюючи ці вирази з попередніми для $Y_1(z)$ і $Y_2(z)$:

$$\begin{cases} W_{11}(z)D_{11}(z) + W_{12}(z)D_{21}(z) = \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)} / \left[1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)}\right] \\ W_{21}(z)D_{12}(z) + W_{22}(z)D_{22}(z) = \left(1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)} / \left[1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{23}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)}\right] \end{cases}$$

або в матричній формі:

$$\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{11}(z) & D_{12}(z) \\ D_{21}(z) & D_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(z) & 0 \\ 0 & B(z) \end{bmatrix},$$

$$\text{де } A(z) = \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)} / \left[1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)}\right],$$

Щоб система автоматичного регулювання концентрації рідини не здійснювала вплив на систему автоматичного регулювання рівня рідини в апараті та навпаки, необхідно, щоб:

$$\begin{aligned} W_{21}(z)D_{11}(z) + W_{22}(z)D_{21}(z) &= 0; \\ W_{11}(z)D_{12}(z) + W_{12}(z)D_{22}(z) &= 0. \end{aligned}$$

Тоді:

$$\begin{aligned} Y_1(z) &= [W_{11}(z)D_{11}(z) + W_{12}(z)D_{21}(z)] E_1(z); \\ Y_2(z) &= [W_{21}(z)D_{12}(z) + W_{22}(z)D_{22}(z)] E_2(z). \end{aligned}$$

Дискретні передавальні функції [3]:

$$W_{11}(z) = k_{11} \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{11}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)} / \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{11}} z^{-1}}\right);$$

$$W_{22}(z) = k_{22} \left(1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{22}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)} / \left(1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{22}} z^{-1}}\right);$$

$$W_{12}(z) = k_{12} \left(1 - e^{-\frac{T^{III}}{T_{12}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{12}}{T^{III}} + 1\right)} / \left(1 - e^{-\frac{T^{III}}{T_{12}} z^{-1}}\right);$$

$$W_{21}(z) = k_{21} \left(1 - e^{-\frac{T^{IV}}{T_{21}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{21}}{T^{IV}} + 1\right)} / \left(1 - e^{-\frac{T^{IV}}{T_{21}} z^{-1}}\right),$$

де k_{11} , k_{22} , k_{12} , k_{21} – коефіцієнти підсилення каналів керування; T^I , T^{II} , T^{III} , T^{IV} – періоди дискретизації; T_{11} , T_{22} , T_{12} , T_{21} – сталі часу каналів керування; τ_{11} , τ_{22} , τ_{12} , τ_{21} – коефіцієнти запізнення каналів керування.

Дискретні передавальні функції замкнених систем концентрації та рівня:

$$W_{13}(z) = \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)} / \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}} z^{-1}}\right);$$

$$W_{23}(z) = \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^I} + 1\right)} / \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{23}} z^{-1}}\right),$$

де T_{13} і T_{23} – сталі часу замкненої системи регулювання концентрації та рівня.

Зображення керованих значень:

$$Y_1(z) = \frac{W_{13}(z)E_1(z)}{(1 - W_{13}(z))}; \quad Y_2(z) = \frac{W_{23}(z)E_2(z)}{(1 - W_{23}(z))},$$

або, враховуючи передавальні функції:

$$\begin{aligned} Y_1(z) &= \frac{\left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)} E_1(z)}{1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{13}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{11}}{T^I} + 1\right)}} \\ Y_2(z) &= \frac{\left(1 - e^{-\frac{T^{II}}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)} E_2(z)}{1 - e^{-\frac{T^I}{T_{23}} z^{-1}} - \left(1 - e^{-\frac{T^I}{T_{23}}}\right) z^{-\left(\frac{\tau_{22}}{T^{II}} + 1\right)}} \end{aligned}$$

$$B(z) = (1 - e^{-T^u/T_{23}}) z^{-(\tau_{22}/T^u + 1)} / \left[1 - e^{-T^u/T_{23}} z^{-1} - (1 - e^{-T^u/T_{23}}) z^{-(\tau_{22}/T^u + 1)} \right].$$

Розв'язок цього рівняння відносно передавальних функцій цифрових регуляторів і компенсаторів:

$$\begin{bmatrix} D_{11}(z) & D_{12}(z) \\ D_{21}(z) & D_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(z) & 0 \\ 0 & B(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix}^{-1},$$

звідки дискретні передавальні функції цифрових регуляторів і компенсаторів, необхідні для автономного керування двома взаємозалежними змінними:

$$D_{11}(z) = \frac{W_{22}(z)A(z)}{W_{11}(z)W_{22}(z) + W_{12}(z)W_{21}(z)}; \quad D_{22}(z) = \frac{W_{11}(z)A(z)}{W_{11}(z)W_{22}(z) + W_{12}(z)W_{21}(z)};$$

$$D_{21}(z) = \frac{W_{21}(z)A(z)}{W_{11}(z)W_{22}(z) + W_{12}(z)W_{21}(z)}; \quad D_{12}(z) = \frac{W_{12}(z)A(z)}{W_{11}(z)W_{22}(z) + W_{12}(z)W_{21}(z)}.$$

Якщо не враховувати запізнення, ці вирази можна суттєво спростити.

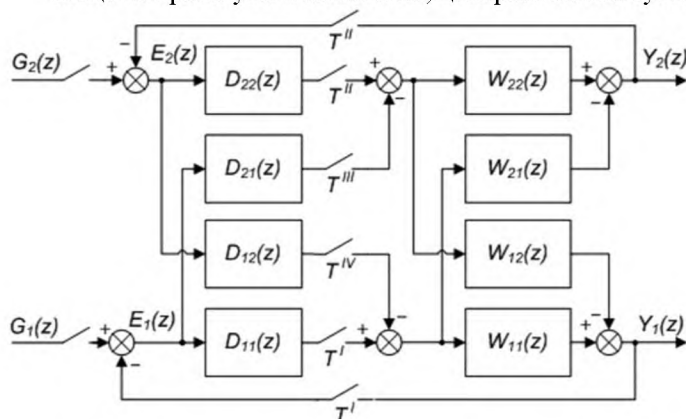


Рис. 3 – Структурна схема системи автоматичного керування з двома взаємозалежними перехресними зв'язками

Структурну схему автоматичного керування з двома взаємозалежними перехресними зв'язками наведено на рис. 3. На ній: $G_1(z)$ і $G_2(z)$ – вхідні значення концентрації та рівня; $E_1(z)$ і $E_2(z)$ – зображення розузгодженості між зображеннями заданого та поточного значень концентрації та рівня; $D_{11}(z)$, $D_{22}(z)$ – дискретні передатні функції цифрових регуляторів; $D_{12}(z)$ і $D_{21}(z)$ – дискретні передатні функції цифрових компенсаторів; $W_{11}(z)$, $W_{12}(z)$, $W_{22}(z)$, $W_{21}(z)$ – дискретні передатні функції різних каналів об'єкта керування; T^I , T^{II} , T^{III} , T^{IV} – періоди дискретизації; $Y_1(z)$ і $Y_2(z)$ – вихідні значення концентрації та рівня.

Висновки. Дослідження властивостей двовимірної системи автоматичного регулювання із взаємозалежними, через об'єкт ке-

рування, змінними, свідчать, що для незалежного керування кожною змінною необхідно одержати «розв'язку» за допомогою цифрових регуляторів і компенсаторів.

Список використаної літератури

1. Удьма П. Г. Аппараты с погружными горелками / П. Г. Удьма. – М. : Машиностроение, 1973. – 272 с.
2. Алабовский А. Н. Выпарные аппараты погружного горения / А. Н. Алабовский. – К. : Вища шк., 1980. – 120 с.
3. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Э. В. Цешковский, Н. С. Пиргач, Г. Д. Ерашкин и др. – М. : Лесн. пром-ть, 1989. – 368 с.

Надійшла до редакції 07.09.2014

Kvasko M. Z., Zhurakovskiy Y. Y., Mylenkyi V. V., Nosov A. O.

PROCESS CONTROL OF SUBMERGED COMBUSTION EVAPORATOR

Considerable part of chemical-technological processes are dynamic systems with many controlled variables. These variables are interrelated through control object. Settings automatic regulators such control objects without regard to their internal relations can lead to instability of the system of automatic control. To maintain the stability of automatic control system, it is necessary to reduce the gain of the automatic controls, but decreases performance and deteriorating quality and process control.

To ensure the quality of the control systems automatic regulation of interdependent controlled variables, it is necessary to compensate for the impact of internal relations in the control object. This can be done by introduction digital compensators in the system.

The purpose of this article is to analyze the structure of the control system in the process of evaporation apparatus of immersed burning and calculation of compensators transfer functions.

An example of object with many interrelated controlled variables is apparatus of immersed burning in which it is necessary to adjust the level and concentration.

Submerged burning evaporator is type of control object with two interdependent cross-links. Concentration of the solution depends not only on the amount of evaporated water, but also on the height of the liquid level in the machine. Number of evaporated water is guided coolant supply. To compensate the cross-linking between these variables must enter compensators in automatic control system. Then change one value does not lead to a change in another.

Transfer functions of feedback control systems of liquid level and the concentration in the apparatus is composed. Laplace transform of controlled variables is found. Used conditions of absence influence on the automatic regulation of the concentration of the liquid in the liquid level automatic control system in the apparatus and vice versa.

System of equations is compiled. The solution of system of equations gives the transfer functions of digital controllers and digital compensators.

The study of dynamic properties of two-dimensional system of automatic control of interdependent variables show that for independent control of each variable, it is necessary to implement a «separation» with digital controls and digital compensators. Transfer functions and frequency responses of cylindrical heat storage walls as plants with distributed parameters depending on boundary conditions on external and internal surfaces are presented. Obtained results can be used for control systems synthesis.

Keywords: submerged combustion evaporator, two-dimensional object, control system.

References

1. Udyma P. G. Apparaty s pogruchnymi gorelkami [Devices with submerged burners] / P. G. Udyma. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 272 p.
2. Alabovskiy A. N. Vyparnye apparaty pogruchnogo goreniya [Evaporators of submerged combustion] / A. N. Alabovskiy. – K.: Vishcha shkola, 1980. – 120 p.
3. Spravochnik po avtomatizatsii tseliulozno-bumazhnykh predpriatii [Handbook of automation pulp and paper mills] / E. V. Tseshkovskiy, N. S. Pirgach, G. D. Erashkin et al. – M.: Lesnaya promyshlennost, 1989. – 368 p.

УДК 66-9

КУБРАК А. І., к.т.н., проф.; СИТНІКОВ О. В., ас.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТА ПІД ЧАС НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Розглянуто процес ідентифікації систем автоматичного керування з типовим регулятором. Розраховано коефіцієнти ряду Маклорена, в якій розкладено нормовану передатну функцію.

Ключові слова: екструзія, система керування, режим пуску.

© Кубрак А. І., Ситніков О. В., 2014.

Постановка задачі. Ідентифікація об'єкта в системі автоматичного керування технологічними процесами є можливою лише на базі існуючого обладнання та систем. Експериментувати з окремим об'єктом неприпустимо, а з системою – дорого й довго. Проте деяку мінімальну кількість експериментів із системою налагоджувальники зобов'язані провести, щоб гарантувати стійкість системи. Під час таких експериментів має бути отримана перехідна характеристика системи для каналу «завдання регулятора – вихід».

Зазвичай, типовий регулятор реалізує ПІД-закон із передатною функцією $W_p(p) = k_r [1 + 1/(T_i p) + T_d p]$.

Оптимізація системи за трьома параметрами (k_r , T_i , T_d), як зазначено вище, є неможливою. Вийти в область, наближену до оптимальної, можна шляхом комп'ютерного моделювання системи, але для цього треба мати адекватну модель об'єкта керування.

Мега статті – визначення коефіцієнтів ряду Маклорена нормованої передатної функції, що дозволить розрахувати параметри об'єкта автоматичної системи під час її налагодження.