The II[nd] International Conference «Advanced Information Systems and Technologies, AIST 2013»
21-24 May 2013, Sumy, Ukraine

Система виявлення кореляції між випадковим процесом та амплітудно-частотною характеристикою квазістаціонарного об’єкту

Авраменко Віктор Васильович, Сергієнко Олег Костянтинович
e-mail: avr@sumdu.edu.ua, sergienko.oleg.92@gmail.com

In this paper the correlation between a random process and a frequency response of quasi-stationary object is investigated.

ВСТУП

Випадкові процеси можуть впливати на параметри об’єкту, які визначають його динамічні характеристики.

Наприклад, коливання тиску в повітряній магістралі призводить до відповідних коливань потужності пневматичного приводу. Як наслідок, система автоматичного регулювання, в якій задіяний цій пневматичний привід, буде з різною швидкістю реагувати на відхилення регульованого параметру (це може бути рівень температури, концентрації, подачі матеріалу та ін.) від заданого значення. Як правило, такі коливання є небажаними, бо погіршують якість технологічного процесу.

Одною із динамічних характеристик об’єкту є його амплітудно-частотна характеристика (АЧХ).

Ставиться задача розробити алгоритм для виявлення кореляції між випадковим процесом і АЧХ квазістаціонарного об’єкту. Вважається, що об’єкт першого порядку.

РОЗДІЛ 1

Розглядається випадок, коли на вході об’єкту має місце стаціонарний випадковий процес *x(t)*, який породжує на виході об’єкту випадковий процес *y(t)* (рис.1).

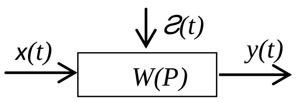

Рисунок 1.

Нехай відома автокореляційна функція (АКФ) для *x(t)*

$$R_{xx}(\tau) = De^{-\alpha|\tau|} \qquad (1)$$

де, $R_{xx}(\tau)$ – АКФ, τ– зсув у часі, D, α- коефіцієнти.

Амплітудно-частотна характеристика для об’єкту першого порядку має вид [1]:

$$W(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1} \qquad (2)$$

де, ω – кругова частота; j – уявне число; k – коефіцієнт передачі; T – постійна часу.

Модуль АЧХ згідно із [1] описується виразом

$$W(\omega) = \frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}} \qquad (3)$$

Вважається, що на постійну часу T впливає випадковий процес $\varepsilon(t)$. В результаті T носить випадковий характер і може бути представлений як

$$T(t) = T_0 + c\varepsilon(t) \qquad (4)$$

де T_o – середнє значення T;

c – коефіцієнт.

Необхідно виявити кореляцію між $\varepsilon(t)$ і $W(\omega,t)$.

Але безпосередньо модуль АЧХ $W(\omega,t)$ оперативно не контролюється. Тому необхідно скористатися тим, що від $W(\omega,t)$ залежать статистичні характеристики процесу $y(t)$ на виході об’єкта. Зокрема це може бути його спектральна характеристика $S_y(\omega,t)$, яка являється функцією не тільки частоти ω, але і часу t внаслідок того, що модуль АЧХ змінюється в часі.

Таким чином, необхідно по спектральній характеристиці процесу на вході $S_x(\omega)$ і модулю АЧХ $W(\omega,t)$ знайти $S_y(\omega,t)$ і дослідити її зв’язок із $\varepsilon(t)$.

Відомо [2], що спектральна щільність випадкового процесу являється перетворенням Фур’є його АКФ. Для АКФ (1) спектральна щільність $S_x(\omega)$ має вид [2]:

$$S_x(\omega) = \frac{D\alpha}{\pi(\alpha^2 + \omega^2)} \quad (5)$$

де π =3,14159.

Також відомий [2] вираз, який дозволяє визначити спектральну щільність процесу на виході об'єкту:

$$S_y(\omega, t) = W^2(w, t) S_x(\omega) \quad (6)$$

Таким чином, можна отримати поточні графіки спектральної щільності випад-кового процесу *y(t)* в часі. Але виникає проблема дослідження кореляції між *Ә(t)* і $S_y(\omega, t)$, тобто між одновимірним і двовимірним процесами. Тому необхідно застосувати певну інтегральну оцінку для $S_y(\omega, t)$, яка б дозволила від двовимірного процесу перейти до одновимірного.Така оцінка повинна бути чутливою як до зміни графіка $S_y(\omega, t)$, так і до його переміщення по вісі абсцис.В [3,4] запропонована така оцінка, яка має вид

$$U_y(t) = \int_{s_y(\omega,t) > \lambda^2} \frac{1}{|\omega|} \log \frac{S_y(\omega, t)}{\lambda^2} d\omega \quad (7)$$

де λ^2 – частина в загальному випадку безкінечної спектральної щільності, яка не враховується під час аналізу.

Таким чином, необхідно для $S_y(\omega, t)$ обчислювати відповідні значення $U_y(t)$ (7) і потім досліджувати кореляцію між Ә(t) і $U_y(t)$. Доказано [5], що якщо існує кореляція між двома двовимірними процесами, то кореляція існує і між їхніми інтегральними оцінками.

Крім $U_y(t)$ (7) зручно використовувати абсолютну узагальнену інтегральну оцінку [5], яка має вид:

$$\vartheta(t) = \frac{H_y(t)}{U_y(t)} \quad (8)$$

де $H_y(t)$ – ε–ентропія Колмагорова-Шеннона:

$$\vartheta(t) = \int_{s_y(\omega,t) > \lambda^2} \log \frac{S_y(\omega, t)}{\lambda^2} d\omega \quad (9)$$

На відміну від $U_y(t)$ ε – ентропія нечутлива до переміщення $S_y(\omega, t)$ по вісі абсцис. Пропонується для $S_y(\omega, t)$ знаходити як $U_y(t)$ (7), так і $\vartheta(t)$ (8) і досліджувати їхню кореляцію із *Ә(t)*. Вважається, що *Ә(t)* миттєво змінює значення постійної часу Т. Тому замість обчислення взаємної кореляційної функції (ВКФ) для різних значень τ будемо обчислювати одне її значення при зсуві в часі τ=0. Таким чином застосування інтегральних оцінок двовимірних процесів дозволяє розв'язати поставлену задачу.

ВИСНОВКИ

Досліджувалась кореляція між *Ә(t)* і $\vartheta(t)$ а також між *Ә(t) і* $U_y(t)$. В обох випадках спостерігалась тісна негативна кореляція, що відповідає фізиці процесу. Дійсно, якщо *Ә(t)* збільшує постійну часу *T*, то внаслідок зростання знаменника модуль АЧХ *W(ω,t)* (3) змен-шувався. Це призводило до виникнення кореляції із знаком «мінус». Аналіз отриманих результатів свідчить, що алгоритм функціонує правильно і може бути застосований для пошуку причин зміни в часі динамічних характеристик контрольованих об'єктів. Застосування методу, що розглядається, дозволяє виявляти неочевидні на перший погляд зв'язки між режимними параметрами технологічних процесів. Крім того, він розширює коло ознак, які можна застосовувати в технічній діагностиці.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Красовський А.А., Поспелов Г.С. Основы автоматики и технической кибернетики, М. – Л. Госэнергоиздат, 1962, 600 с. с черт., с 600

[2] Е.С. Вентцель, Теория вероятностей, изд-во «ФМ», М. 1958, с 464

[3] А.С. 1177825А (SU) G06 15/36 Устройство для обнаружения стохастической связи между случайными процессами (его варианты). (В.В. Авраменко – опубл. в О.И. №33, 1985).

[4] В.В. Авраменко Спектральный метод контроля технологических объектов в АСУТ П/ Автоматизированные системы управления и приборы автоматики, вып. 58 – Респ. межвед. научн. – техн. сб., Харьков, Вища школа 1981, с.40-44.

[5] В.В. Авраменко, Использование интегральных оценок спектральных плотностей для обнаружения стохастичских связей.