

Виявлення передвісників кардинальних змін технологічних параметрів брагоректифікаційної установки з використанням флікер-шумової спектроскопії

Д.О.Стеценко, Я.В.Смітюх

Національний університет харчових технологій

Брагоректифікаційні установки (БРУ) спиртових заводів відносяться до класу складних хіміко-технологічних систем. Однією з характерних рис таких об'єктів керування є наявність ефекту інтермітансу, який представляє послідовні в часі зміни ділянок регулярного впорядкованого поведіння дисипативними просторово-тимчасовими хаотичними структуротвореннями.

Ефективне керування в таких умовах можливо тільки шляхом автоматичного визначення виникнення стрибків, сплесків, змін тенденцій розвитку об'єкта та інших точок біфуркацій, як провісників структурних якісних змін атрактивної поведінки, які вимагають принципово інших підходів в організації стратегій керування. Із цією метою в рамках задач технологічного моніторингу складним об'єктом керування пропонується реалізація задач прогнозування і діагностики системних змін в поведінці об'єкта за допомогою методу флікер-шумової спектроскопії, яка дозволяє надати інформаційну значущість нерегулярностям хаотичних проявів.

Для визначення стану системи аналізується спектр потужності $S(f)$ (f - частота) динамічної змінної $V(t)$, що представлена у вигляді часового ряду технологічного параметра. Для флікер-шуму характерний ріст $S(f)$ у межах малих частот: $S(f) \sim f^{-n}$, де $n \sim 1$. Для виявлення ефектів нестационарності в аналізованих процесах вивчається динаміка змін функцій спектра потужності $S(f)$ і різницевого моменту $\Phi^{(2)}(\tau)$ при послідовному зміщенні тестового інтервалу $[t_k, t_k + T]$, де $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ і $t_k = k\Delta T$, по всій довжині T_{tot} , експериментального ряду даних ($t_k + T < T_{tot}$). Часові інтервали T і ΔT повинні обиратися, виходячи з фізичного змісту задачі з урахуванням передбачуваного характеру процесу, найбільш важливого для еволюції досліджуваної системи.

Очевидно, що задача виявлення характерного часу процесу орієнтована на вирішення проблеми прогнозу еволюції складної системи і, насамперед, на пошук провісників катастрофічних змін у ній.

Феномен появи "провісника", природно пов'язаний з найбільш різкими змінами залежностей $S(f)$ і $\Phi^{(2)}(\tau)$ при наближенні верхньої границі часового інтервалу усереднення t_k до моменту t_c катастрофічної події, коли в системі відбувається перебудування на всіх можливих просторових масштабах.

Розглянемо "провісники" на основі різницевого моментів $\Phi^{(2)}(\tau)$ і спектрів потужності $S(f)$, розрахованих на підставі високочастотної і низькочастотної компоненти $V(t)$. При цьому необхідно враховувати, що залежності $\Phi^{(2)}(\tau)$ надійно розраховуються лише для області зміни $[0, \alpha T]$, аргумент τ менше половини інтервалу усереднення T , так що $\alpha < 0.5$. При розрахунку залежності $S(f)$ для границь частотного діапазону $[f_{min}, f_{max}]$ будемо

вибирати: $f_{min}=(1/2\pi T)$ і $f_{max}=(1/4)(1/ t_{min})$, де t_{min} - часовий інтервал між суміжними значеннями вимірюваних динамічних змінних. У якості "провісників" катастрофічних подій будемо розглядати сплески значень індикаторів нестационарності $C(t)$, визначених мірними співвідношеннями, які визначаються на основі різницевих моментів $\Phi^{(2)}(\tau)$ і спектрів потужності $S(f)$:

$$S(f) = \int_{-T/2}^{T/2} \langle V(t)V(t+\tau) \rangle \exp(-2\pi i f \tau) d\tau, \quad (1)$$

Уведені співвідношення характеризують "міру нестационарності" аналізованого процесу при переміщенні інтервалу усереднення T по осі часу на величину ΔT , зокрема, при наближенні верхньої границі часового інтервалу усереднення t_k до моменту t_c катастрофічної події.

На Рис.1, показані результати обробки часових рядів технологічних змінних БРУ спиртового заводу, з яких видно успішне прогнозування та визначення виникнення системних змін в об'єкті керування.

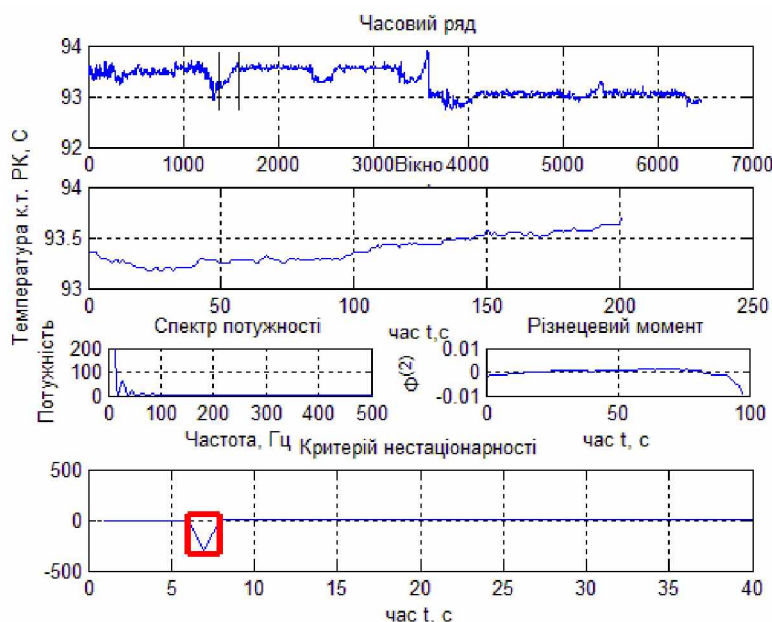


Рис. 1. Виявлення провісників системних змін температури контрольної тарілки ректифікаційної колони БРУ.

В результаті проведених досліджень і моделювання в середовищі MATLAB® на основі отриманих результатів визначено провісники кардинальних змін у поведінці брагоректифікаційної установки. Дослідження показали наявність у часових рядах низькочастотного 1/f-шуму, і відповідно можливість виявлення провісників "катастрофічних" змін поведінки системи.

Література

1. Тимашев С.Ф. Фликер-шумовая спектроскопия в анализе хаотических временных рядов/ С.Ф Тимашев :Электрохимия. Т.39.№2. 2003.– 144 с.
2. Заика В. И. Фликкер-шумовая спектроскопия в анализе динамической системы станции дефекосатурации / В.И. Заика, В.Д. Кишенько// XXIV Международная научная конференция "Математические методы в технике и технологиях ММТТ-24", Саратов, 2011. – 39с.