

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ ФЛІКЕР-ШУМОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Анотація. Процеси, які проходять під час виробництва цукру настільки швидкі і кардинальні, що виникає необхідність постійного моніторингу ситуації. З метою досягнення достатнього результату за якістю і відповідності всім технологічним вимогам виникає необхідність не просто контролювати змінювання системи керування, а в ідеалі передбачати всі можливі змінювання і не допускати їх, або наперед компенсувати.

Ключові слова: цукрове виробництво, флікер-шум, провісник.

Ще з початку дев'ятнадцятого століття вчені почали зустрічати із дивним явищем, яке згодом отримало назву флікер-шум. При тривалому дослідженні цього явища було виділено так званий низькочастотний флікер-шум, що проявляє себе у вигляді мерехтінь. Його позначили як $1/f$, де f – частота мерехтінь.

Вченим Тімашевим С. Ф. [1] було встановлено, що поява явища флікер-шум пов'язана із переходом між станами системи. Тобто переходом від детермінованого до хаотичного режимів і навпаки. Саме ця особливість дала поштовх для появи такого методу як флікер-шумова спектроскопія, що дозволяє виявити кардинальні динамічні змінювання в системі із допомогою так званих «провісників». Провісники проявляються у випадку коли фіксується неоднорідність сигналу у вигляді стрибків, перепадів, провалів.

Для дослідження методом флікер-шумової спектроскопії необхідно ввести поняття кореляційної функції у вигляді різницевого моменту за:

$$\Phi(t) = \langle V(t)V(t+t) \rangle, \quad (1)$$

де $V(t)$ – часовий ряд.

Оскільки технологічний комплекс цукрового заводу є складним технологічним об'єктом, то і його технологічні параметри характеризуються наявністю, як регулярної детермінованої поведінки так і різного роду сплесками, а також наявністю процесів хаосу. Тому виникає необхідність прогнозування таких різких змін.

Для дослідження системи проводиться аналіз спектру потужності ($S(f)$). У випадку, коли спостерігається збільшення значення спектру потужності на малих частотах f , то говорять про наявність флікер-шуму. Це твердження записують у вигляді:

$$S(f) = 1/f \quad (2)$$

Характерною особливістю визначення флікер-шуму за різницеvim моментом і спектром потужності, полягає у наступному: значення різницевого моменту формується тільки динамічними змінами параметра на різних рівнях ієрархії системи, у випадку спектру потужності такі зміни пов'язані із появою сплесків.

Провісниками кардинальних змінювань у системі будуть виступати стрибки значень нестационарності ($C(t)$), що визначаються за різницеvim моментом та спектром потужності.

Для виявлення провісників кардинальних змінювань в поведінці об'єкта розроблені моделі прогнозування системних тенденцій у розвитку об'єкта за допомогою методу флікер-шумової спектроскопії, згідно з яким визначається динаміка змін функцій спектра потужності $S(f)$ і різницевого моменту $\Phi^{(2)}(\tau)$, динамічної змінної $V(t)$, що представлена у вигляді часового ряду, при послідовному зміщенні інтервалу T [$t_k, t_k + T$], де $k = 0, 1, 2, 3, \dots, i, t_k = k\Delta T$ [2]. Кардинальні змінювання в об'єкті пов'язані з найбільш різкими змінами залежностей $S(f)$ (3) і $\Phi^{(2)}(\tau)$ (4) при наближенні верхньої границі часового інтервалу усереднення t_k до моменту t_c катастрофічної події, коли в системі відбувається різке змінювання зони нестационарності (5).

$$S(f) = \int_{-T/2}^{T/2} \langle V(t)V(t+t) \rangle \exp(-2\pi ift) dt, \quad (3)$$

де T – інтервал усереднення.

$$\Phi^{(2)}(t) = \left\langle [V(t) - V(t+t)]^2 \right\rangle, \quad (4)$$

$$C(t_{k+1}) = \frac{2 \frac{Q_{k+1} - Q_k}{\Delta T}}{\frac{Q_{k+1} + Q_k}{T}}, \quad (5)$$

де ΔT – зміщення по осі часу; $Q_k = \int_0^{t \max} [\Phi^2(t)]_k dt$ або $Q_k = \int_0^{f \max} [S(f)]_k df$.

За результатами дослідження технологічних процесів цукрового виробництва, а саме зміни витрати дифузійного соку прогнозування та визначення провісника кардинальних змінювань (рис. 1).

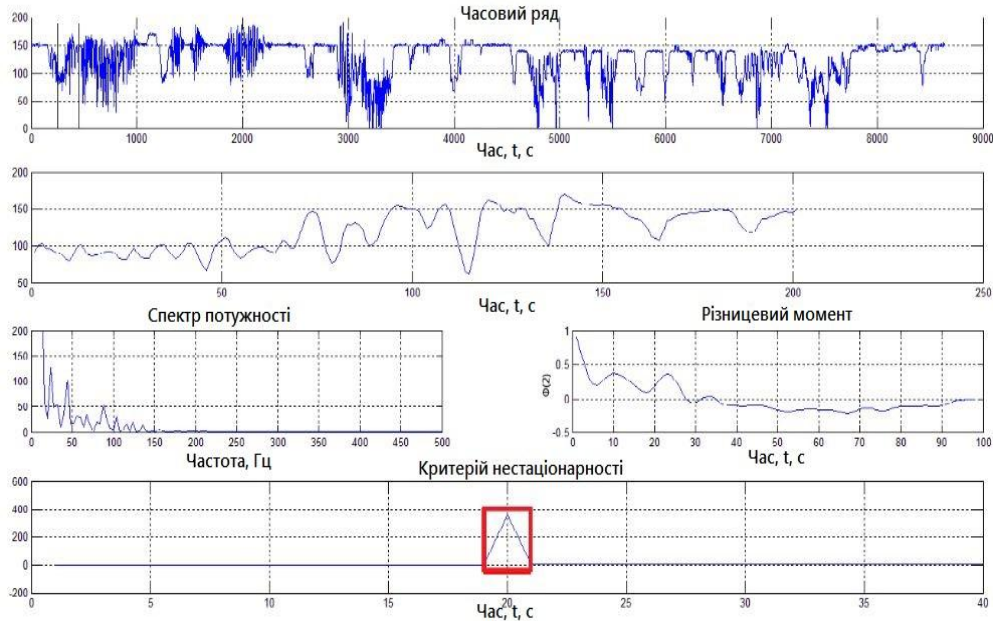


Рис. 1. Виявлення передвісників кардинальних змінювань динамічної системи

Розроблений алгоритм прогнозування кардинальних системних змінювань поведінки складної технологічної системи дає можливість не лише контролювати змінювання системи керування, але й передбачати всі можливі змінювання та не допускати їх, або наперед компенсувати, що покращить проходження технологічних процесів, та призведе до мінімізації нештатних ситуацій на виробництві.

Література

1. Тимашев С. Ф. Фликкер-шумовая спектроскопия. Информация в хаотических сигналах. Москва. Физмтлит. 2007. 248 с.
2. Тимашев С. Ф. О базовых принципах “Нового диалога с Природой”. Проблемы геофизики XXI века. 2003. С. 104 – 141.