

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

УДК 621.311

ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕРВАЛІВ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ ВИМІРІВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ В АСК ТП

Абраменко І. Г., Бовчалюк С. Я., Фоменко В.О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Розроблена методика вибору кроку дискретизації вимірюваного параметру за часом, яка дозволяє забезпечити необхідну точність одержання інформації. Проведена реалізація її алгоритму засобами програмного пакета Matlab. Доведена ефективність застосування цієї методики при обробці реальних вимірювальних сигналів.

Постановка проблеми. Вимірювання технологічних параметрів в АСУ ТП реалізуються за допомогою вимірювальних каналів. Типова структура вимірювального каналу представлена на рис. 1.

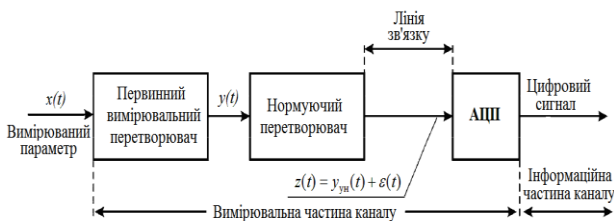


Рисунок 1 - Типова структура вимірювального каналу

Інформація в інформаційній частині каналу представляється в цифровому вигляді. Компоненти вимірювальної частини вносять у нормований сигнал $y_{yn}(t)$ певну погрішність $\varepsilon(t)$, тобто на вхід контролера надходить сигнал

$$z(t) = y_{yn}(t) + \varepsilon(t).$$

Сигнал $z(t)$ надходить у відповідні вхідні модулі контролера, де здійснюється його перетворення в цифрову форму. Важливим моментом при цьому є правильний вибір кроку дискретизації за часом Δt , від якого залежать як точність одержаної інформації так і вимоги до використовуваного контролера.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Крок дискретизації Δt рекомендується визначати на основі теореми Котельникова, яка говорить, що аналоговий сигнал $z(t)$, який має обмежений частотний спектр, може бути однозначно й без втрат відновлений по своїм відлікам, узятим із частотою дискретизації f_Δ , яка повинна бути не меншою подвоєної максимальної частоти спектра f_{\max} , тобто $f_\Delta \geq 2f_{\max}$ [5]. Тоді значення Δt необхідно вибирати не більше півперіоду максимальної частоти спектра f_{\max} - $\Delta t \leq 1/2f_{\max}$.

Через складність реалізації в повному обсязі умов даної теореми, при автоматизації технологічних про-

цесів на практиці для визначення періоду опитування використовують наступні емпіричні рекомендації [1, 2]:

- щоб змінна була вірогідно представлена квантованим сигналом необхідно мати 20-25, значень на період максимальної гармоніки, яка присутня в сигналі;

- для більшості аналогових змінних задовільним є цикл опитування 0,1-0,2 с. Максимальна частота спектра f_{\max} в цьому випадку становить 0,2-0,5 Гц.

У зв'язку з невизначеністю викладених підходів існує необхідність розробки методики визначення Δt , яка враховує динамічні особливості конкретного вимірюваного параметра конкретного технологічного процесу і забезпечує необхідну точність одержаної інформації.

Мета статті – розробка методики визначення кроку дискретизації за часом, яка враховує динамічні особливості конкретного вимірюваного параметра конкретного технологічного процесу.

Основні матеріали дослідження. Частотне відображення оцифрованого і відфільтрованого вимірювального сигналу можна одержати, скориставшись методами гармонійного аналізу за допомогою представлення їх у вигляді дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) [5].

Тоді кожна спектральна складова може бути представлена у вигляді відліку, положення якого по горизонталі відповідає її частоті, а висота – її амплітуді. Гармоніка з нульовою частотою називається постійною складовою (у часовому представленні це пряма лінія).

Для коректного використання ДПФ треба пам'ятати наступні два важливі положення:

- щоб розширити смугу спектрального аналізу, потрібно збільшувати f_Δ , тобто брати відліки за часом частіше;

- щоб поліпшити частотний розв'язок без зміни смуги спектрального аналізу, потрібно збільшувати кількість відліків N , тобто аналізувати більш довгу вибірку сигналу.

В останньому випадку слід розрізняти два можливі випадки.

1. Довжина сигналу збільшується за рахунок доповнення нулями. При цьому виходить той же спектр,

інтерпольований до більш щільної сітки частот. Оскільки нових даних не додається, характерні параметри спектра, такі як ширина спектральних піків, не міняються. Слова "поліпшення розв'язку" означають при цьому тільки розрахунок спектра для більшої кількості частот.

2. Довжина сигналу збільшується за рахунок додавання нових даних, тобто дійсно аналізується більш довга вибірка сигналу. У цьому випадку одержують новий спектр, а слова "поліпшення розв'язку" знаходять реальний зміст - спектральні піки, що відповідають гармонійним складовим, які втримуються в сигналі, стають більш вузькими.

Фільтрація є найбільш складною з операцій обробки сигналів вимірювальної інформації. Вона може виконуватися апаратно за допомогою RC або LC фільтрів перед подачею сигналу в контролер або програмно за допомогою різних алгоритмів фільтрації. Найбільше поширення в АСК ТП одержали алгоритми експонентного згладжування (близько 90 % завдань фільтрації вирішуються за допомогою даних алгоритмів) [3, 4].

Алгоритми експонентного згладжування відносяться до класу адаптивних методів згладжування, основною характеристикою яких є здатність безупинно враховувати еволюцію динамічних характеристик вимірюваного параметра, підбудовуватися під цю динаміку, надаючи, зокрема, тим більшу вагу й тим більш високу інформаційну цінність вимірам, чим ближче вони розташовані до теперішнього моменту часу. Вони дозволяють обновляти результати згладжування з мінімальною затримкою за допомогою нескладних математичних процедур. До достоїнств алгоритмів експонентної фільтрації відносяться мала трудомісткість розрахунків і невеликий обсяг пам'яті контролера, необхідний для зберігання даних.

У ПЛК звичайно використовуються два такі алгоритми – алгоритм простого експонентного згладжування (метод Брауна), який застосовується у випадку відсутності в часовому ряді вимірів певної тенденції зміни показників (т.зв. тренда), тобто для стаціонарних або квазістаціонарних часових рядів і алгоритм Хольта при наявності тренда (нестационарні часові ряди).

Алгоритм простого експонентного згладжування визначається рекурентним співвідношенням (наступне значення виражається через попереднє) наступного вигляду

$$\hat{y}_i = \hat{y}_{i-1} + \alpha(y_{i-1} - \hat{y}_{i-1}), \quad (1)$$

де \hat{y}_i і \hat{y}_{i-1} – поточне й попереднє значення згладженого сигналу; y_{i-1} – попереднє значення обмірюваного сигналу; α – коефіцієнт згладжування, який вибирається апріорі ($0 < \alpha < 1$).

Таким чином поточне значення згладженого сигналу визначається як сума попереднього згладженого значення і поправки на погрішність попереднього значення виміру сигналу. Вага поправки визначає, наскільки "різко" алгоритм буде реагувати на зміни.

Чим ближче значення α до 1, тим більше враховується вплив останніх значень вимірів. Якщо ж α ближче до 0, то ваги, по яких зважуються значення вимірів убувають повільно, тобто враховується більша кількість попередніх вимірів.

Звичайно значення α перебуває в межах 0,05-0,3. Значення 0,5 майже ніколи не перевищується.

Рекомендується для повільно мінливого часового ряду задавати значення α в діапазоні 0,05-0,2, а для швидко мінливого – у діапазоні 0,3-0,5 [2].

Алгоритм простого експонентного згладжування називається фільтром першого порядку. Повторне використання виразу (1) для обробки вже згладженого сигналу буде відповідати використанню експонентного фільтра другого порядку.

Просте експонентне згладжування часових рядів, що містять тренд, приводить до систематичної помилки, пов'язаної з відставанням згладжених значень від фактичних рівнів часового ряду.

Для врахування лінійного тренда в нестационарних рядах застосовується спеціальне двопараметричне експонентне згладжування (метод Хольта). Якщо в часовому ряді є тенденція до росту або зниження, то разом з оцінкою поточного рівня необхідна й оцінка нахилу. У методі Хольта одночасно згладжується і часовий ряд і тренд із використанням двох різних параметрів.

Двопараметричний метод згладжування включає два рівняння. Перше призначене для згладжування ряду обмірюваних значень, а друге - для згладжування тренда:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i &= \alpha_1 y_i + (1 - \alpha_1)(\hat{y}_{i-1} + T_{i-1}), \\ T_i &= \alpha_2 (\hat{y}_i - \hat{y}_{i-1}) + (1 - \alpha_2) T_{i-1}, \end{aligned}$$

де y_i - поточне значення обмірюваного сигналу; T_i і T_{i-1} - поточне і попереднє значення тренда; α_1 і α_2 – коефіцієнти згладжування часового ряду і тренда, значення яких вибираються апріорі в діапазоні $0 \div 1$.

Адекватність згладженого часового ряду найбільш просто можна визначати шляхом обчислення середньої відносної погрішності апроксимації

$$\bar{\Delta}_3 = \frac{100 \cdot n}{\sum_{i=1}^n y_i} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}},$$

де n - кількість точок вимірів, які зберігаються в пам'яті ПЛК.

Вважається, що помилка апроксимації в межах $5 \div 7$ % свідчить про хороший добір моделі до вхідних даних. Припустима межа значень - не більш $8 \div 10$ % [1].

Більш об'єктивний критерій адекватності можна одержати використавши ДПФ для згладженого цифрового сигналу і відфільтрованого шуму. Для цього

треба шляхом порівняння амплітуд гармоніки максимальної частоти спектра f_{\max} в різних складових сигналу підібрати оптимальну величину кроку дискретизації Δt для конкретного параметра. Врахувавши стандартну точність інженерних розрахунків можна прийняти, що доля цієї амплітуди в відфільтрованому шуму $A_{\max, шум}$ повинна складати 5 % амплітуди згладженого сигналу $A_{\max, зс}$, тобто

$$100 \cdot A_{\max, шум} / A_{\max, зс} \leq 5 \%. \quad (2)$$

Для перевірки такого підходу була розроблена імітаційна модель вимірювального каналу і АЦП за допомогою програми Matlab.

Часовий ряд точних вимірів параметра був сформований з 3-х гармонік по формулі

$$y(t) = y_0 + a_1 \sin(2\pi f_1 t) + a_2 \sin(2\pi f_2 t) + a_3 \sin(2\pi f_3 t)$$

де a_1, a_2, a_3 , рад/с і f_1, f_2, f_3 , Гц - амплітуди і частоти гармонік, які випадковим чином визначаються із припустимих переліків значень [0.025, 0.03, 0.015] і [0.2, 0.35, 0.5].

Сигнал вимірювальної інформації на вході АЦП був сформований по формулі $z(t) = y_{ун}(t) + \varepsilon(t)$ де $\varepsilon(t)$ - погрішність вимірювального каналу, розподілена за нормальним законом розподілу ймовірностей. Фільтрація шуму виконувалась методом простого експонентного згладжування.

Аналіз одержаних результатів показав, що критерій (2) виконується при величині кроку дискретизації $\Delta t \leq 0,005$ с, що відповідає 400 вимірам на період максимальної гармоніки, яка присутня в сигналі. При цьому звичайно використовувана величина $\bar{\Delta}_3$ склала 10,1 %. На рис. 2 наведені відповідні спектральні склади сигналів.

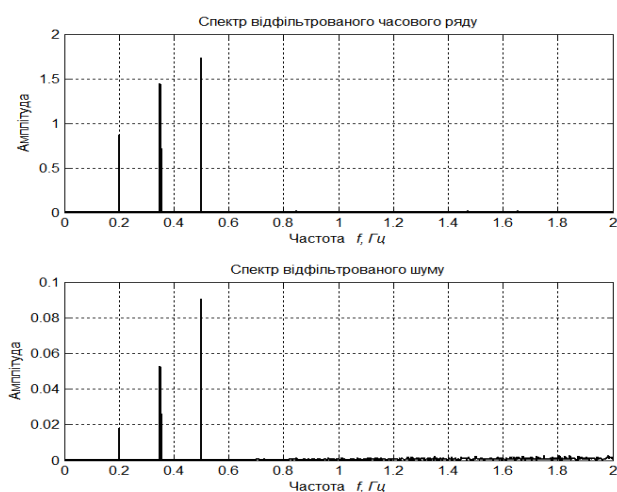


Рисунок 2 – Спектральний склад сигналів

Крім цього, встановлено, що при загальноприйнятій величині $\Delta t = 0,1$ с гармоніка частотою 0,5 Гц повністю відфільтровується в шум, що є неприпустимим.

Висновки. Таким чином використання запропонованої методики вибору кроку дискретизації за часом Δt дозволяє забезпечити необхідну точність одержаної інформації і обґрунтовано сформулювати вимоги до використовуваного контролера.

Крім цього запропонована методика може бути використана для підбору параметрів згладжуючих цифрових фільтрів а також для порівняльного аналізу їх ефективності.

Список використаних джерел

1. Ельперін І. В. Автоматизація виробничих процесів / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. - К: Ліра-К., 2015. - 378 с.
2. Пупена О. М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах / О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька: Навч. посібн. - К.: Ліра-К, 2011. - 552 с.
3. Советов Б. Я., Цехановский В. В. Информационные технологии / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский: Учебник для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 2003 - 263 с.
4. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин: Учеб. для вузов. - М.: Высш. шк., 2005. - 768 с.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В АСУ ТП

Абраменко І. Г., Бовчалуок С. Я., Фоменко В. А.

Разработана методика выбора шага дискретизации измеряемого параметра по времени, которая позволяет обеспечить необходимую точность получения информации. Проведена реализация ее алгоритма средствами программного пакета Matlab. Доказана эффективность применения этой методики при обработке реальных измерительных сигналов.

Abstract

DETERMINATION OF SAMPLING INTERVALS TIME SERIES MEASUREMENTS OF PROCESS PARAMETERS IN PROCESS CONTROL SYSTEM

Abramenko I., Bovchaliuk S., Fomenko V.

Methodology the sampling step measured parameter selection in time, which helps secure the necessary accuracy of the information. Held its algorithm by means of software Matlab. Proven efficacy of this technique when handling the real measurement signals.