

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ОБДИРКИ АЛМАЗІВ

Васілевський О.М., Войтов О.А., Ігнатенко О.Г.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця
кафедра метрології та промислової автоматики

E-mail: wasilevskiy@mail.ru

Abstract

Vasilevskiy O.M., Voytov O.A., Ignatenko O.G. Information-measuring system for treatment diamonds control technological process. The minimization problem of regulation error of synchronous rotation of asynchronous electric motors is considered, at connection of the adaptive regulation block. Characteristics of errors of synchronous which testify to their reduction are received.

Постановка задачі

Розвиток мікропроцесорної техніки привів до широкого використання силових електричних машин на виробництві діамантів, до створення нових систем управління технологічним процесом обдирки алмазів, суть якого полягає в забезпеченні високої точності синхронізації кутових швидкостей роторів двох силових електричних машин (ЕМ). З [1], відомо, що якість продукції, а отже, і її вартість напряму залежить від стану електромагнітних і механічних параметрів силових ЕМ та методів їх вимірювання і контролю. Тому, дослідження і розробка інформаційно-вимірювальної системи для управління технологічним процесом обдирки алмазів, що здатна забезпечити підвищений рівень точності синхронізації за допомогою нового методу автоматичного контролю несинхронності обертання при нестабільній роботі силових ЕМ є актуальною науковою задачею.

Аналіз стану досліджень та публікацій

Вирішенню задачі побудови інформаційно-вимірювальних систем для управління технологічним процесом обдирки алмазів, що здатні працювати в умовах дестабілізації параметрів силових ЕМ, приділено багато уваги [2 - 4].

Формування цілей статті

На основі вище сказаного, метою статті є розробка нового методу автоматичного контролю несинхронності обертання роторів силових ЕМ для підвищення точності синхронізації кутових швидкостей ЕМ, як в статичному, так і в динамічному режимах роботи, побудова на його основі інформаційно-вимірювальної системи для управління технологічним процесом обдирки алмазів та представлення характеристик роботи.

Викладення основного матеріалу

У силових електричних машинах, як правило відбуваються непередбачувані зміни електромагнітних та механічних параметрів. Спостерігаючи засоби, що відтворюють змінні стани параметрів силових ЕМ, можуть також ідентифікувати не підлягаючі прямому вимірюванню зовнішні дії та невідомі параметри ЕМ. У такому випадку спостерігаючи засоби виконуються із самонастроюванням за параметрами ЕМ, що ідентифікуються за рахунок введення інтеграторів, вхідні сигнали яких являють собою різницю вимірних і оцінених значень змінних складових силових ЕМ [5].

Процедуру ідентифікації невідомих параметрів силових ЕМ за допомогою методу автоматичного контролю несинхронності обертання роторів, який побудовано на основі спостережного засобу зручно розглядати як об'єкт з одним вхідним $u(t)$ і одним вихідним $y(t)$ сигналами. Систему управління технологічним процесом обдирки алмазів можна розглядати

як об'єкт n -го порядку, з відомим виглядом передатної функції, степінь чисельника якої принаймні на одиницю менший степеня знаменника

$$W_O(s) = \frac{y}{u} = \frac{B_0 s^{n-1} + B_1 s^{n-2} + \dots + B_{n-1}}{s^n + A_1 s^{n-1} + \dots + A_n} \quad (1)$$

де A_i та B_i – невідомі коефіцієнти.

Розділивши чисельник і знаменник передатної функції (1) на поліном $(n-1)$ -го степеня $(s + \lambda_2)(s + \lambda_3) \dots (s + \lambda_n)$, в якому $\lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ – дійсні і від'ємні корені, та розклавши чисельник і знаменник на прості дробі, отримуємо передатну функцію у вигляді

$$\frac{y}{u} = \frac{b_1 + b_2 \frac{1}{s + \lambda_2} + \dots + b_n \frac{1}{s + \lambda_n}}{s - a_1 - a_2 \frac{1}{s + \lambda_2} - \dots - a_n \frac{1}{s + \lambda_2}} \quad (2)$$

де $b_1 = B_0$; $a_1 = (\lambda_2 + \dots + \lambda_n) - A_1$.

Інші коефіцієнти b_i і a_i пов'язані складними поліномами [5] з параметрами A_i , B_i та λ_i і в даному випадку не наводяться.

В якості контролюючої дії на нестационарність роботи системи виберемо струм статора ЕМ, а в якості вихідної координати – кутову швидкість силових ЕМ. Для спрощення вважатимемо, що у замкнутій інформаційно-вимірювальній системі зворотним зв'язком за ЕРС електричної машини можна знехтувати і момент опору залишається постійним. Тоді передатну функцію силової ЕМ можна записати у вигляді

$$W_{EM\Pi}(s) = \frac{y}{u} = \frac{c_D \Phi}{J s} = \frac{b}{s} \quad (3)$$

де $y = \omega$ (ω – кутова швидкість ЕМ), $u = I_{ст}$ ($I_{ст}$ – струм статора ЕМ), Φ – магнітний потік ЕМ, c_D – конструктивний коефіцієнт ЕМ: $c_D = \frac{N p_{\Pi}}{2\pi a}$, де N – кількість стержнів обмотки статора, p_{Π} – кількість пар полюсів, a – кількість пар паралельних витків.

Таким чином, ідентифікації буде підлягати параметр $b = (c_D \Phi) / J$.

Співставляючи (3) із передатною функцією (2), і виконавши відповідні перетворення, які наведено в [5] отримуємо

$$\begin{cases} b_1 = b; \\ a_1 = a_2 = \dots = 0; \\ \bar{a}_1 = a_1 + \lambda_1 = 0 + \lambda_1 = \lambda. \end{cases} \quad (4)$$

З урахуванням (4), побудуємо схему системи автоматичного контролю несинхронності обертання роторів силових ЕМ із спостережним засобом ідентифікації, що призначена для управління технологічним процесом обдирки алмазів (рис. 1).

Як видно з рис. 1 сигнал адаптації параметрів, що формується на виході спостережного засобу ідентифікації ввімкнено в ланцюг допоміжної ЕМ, параметри руху якої постійно підстроюються під параметри руху головної ЕМ. В запропонованому спостережному засобі ідентифікації β – коефіцієнт підсилення ланцюга адаптації, за допомогою якого здійснюється оптимізація процесу ідентифікації параметрів силових ЕМ.

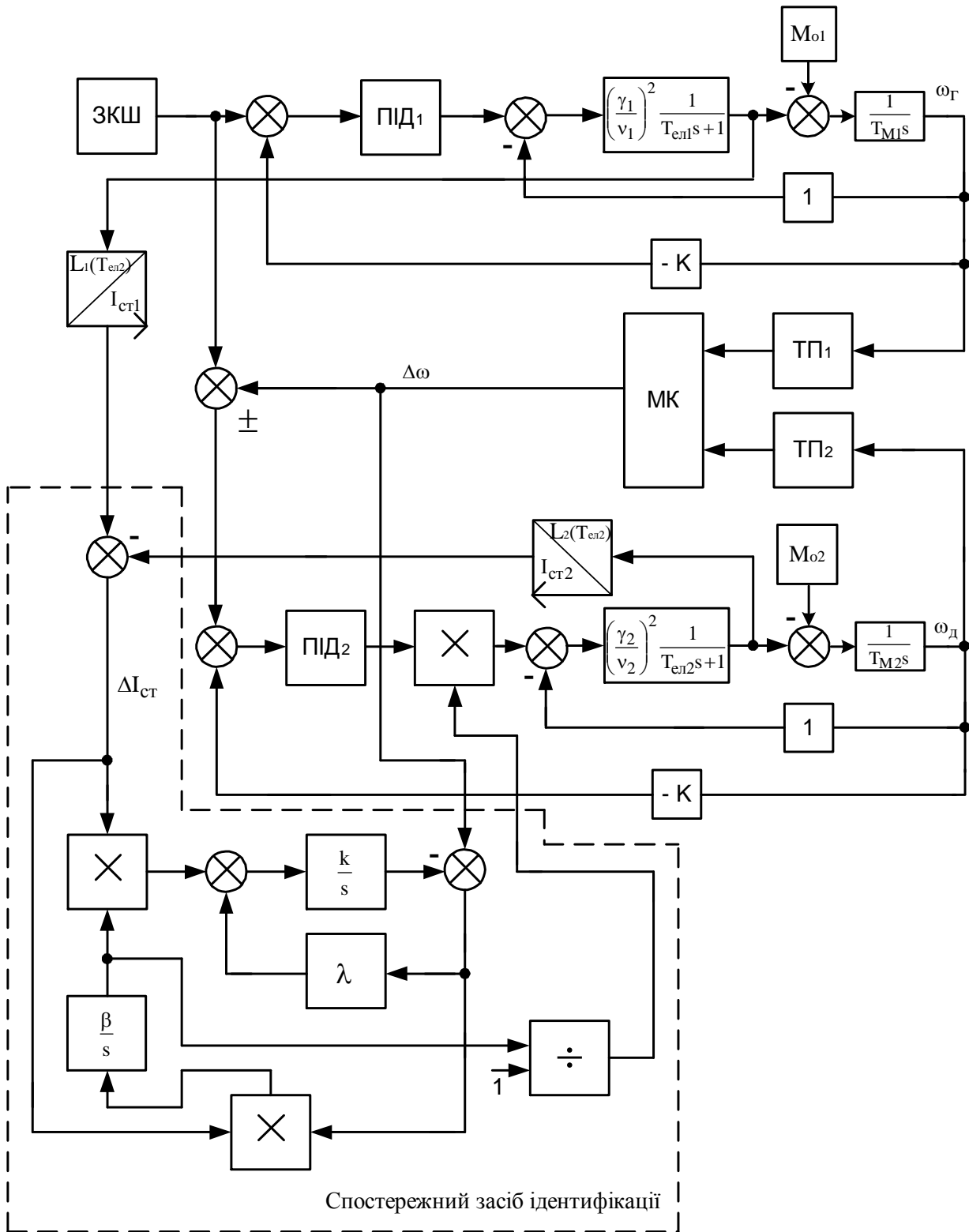


Рис. 1. Схема системи автоматичного контролю несинхронності обертання із спостережним засобом ідентифікації

Алгоритм роботи методу автоматичного контролю несинхронності обертання, який засновано на спостережному засобі ідентифікації описується виразами:

$$\frac{d\Delta\bar{\omega}}{dt} = \frac{\bar{c}_d \bar{\Phi}}{J} \Delta I_{ст} + \lambda k (\Delta\omega - \Delta\bar{\omega}), \quad (5)$$

$$\frac{d(\bar{c}_d \bar{\Phi}/J)}{dt} = \beta \cdot k \cdot \Delta I_{ст} (\Delta\omega - \Delta\bar{\omega}), \quad (6)$$

де k – передатний коефіцієнт за кутовою швидкістю ($k=U/\Delta\omega$), $\Delta\omega$ та $\Delta I_{ст}$ – відповідно різниця кутових швидкостей та струмів між головною і допоміжною ЕМ, \bar{c}_d , $\bar{\Phi}$ і $\Delta\bar{\omega}$ – відповідно оціненні значення конструктивного коефіцієнта ЕМ, магнітного потоку і різниці кутових швидкостей головної та допоміжної ЕМ

Оскільки, початковими умовами роботи системи автоматичного контролю несинхронності обертання роторів силових ЕМ є $\Delta\bar{\omega}(0) = 0$ та $(\bar{c}_d \bar{\Phi}/J)(0) = 0$, і якщо ввести позначення $e = \Delta\omega - \Delta\bar{\omega}$ та $v = c_d \Phi/J - (\bar{c}_d \bar{\Phi}/J)$, а також прийняти до уваги, що: $d\Delta\omega/dt = \Delta I_{ст} c_d \Phi/J$, то алгоритм роботи спостережного засобу ідентифікації в координатах e і v можна описати рівняннями:

$$\frac{de}{dt} = v \Delta I_{ст} - \lambda k e, \quad (7)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\beta k \Delta I_{ст} e. \quad (8)$$

При цьому початкові умови приймаються $e(0)=0$ та $v(0)=c_d \Phi/J$ – і на основі гіпотези квазістаціонарності вважається, що на часовому інтервалі, який відповідає перехідному процесові в спостережному засобі, зміна параметрів $c_d \Phi/J$ відсутня.

Стійкість спостережного засобу ідентифікації параметрів $\bar{c}_d \bar{\Phi}/J$ може бути установлена за допомогою другого метода Ляпунова. Для перевірки умови асимптотичної стійкості спостережного засобу ідентифікації функція Ляпунова розглядається у вигляді додатно визначеної квадратичної форми помилки e і параметра v [4]

$$V = \frac{1}{2} e^2 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{\beta k}. \quad (9)$$

Повна похідна функції (9) за часом на основі (7) та (8) буде дорівнювати $dV/dt = -\lambda k e^2$.

Функція dV/dt повинна бути від'ємно визначеною в просторі змінних e та v , тобто $\frac{dV}{dt}(e, v) \Big|_{\substack{e \equiv 0 \\ v \equiv 0}} = 0$. Для доказу того, що при $e \equiv 0$ отримаємо $v \equiv 0$ розглянемо систему рівнянь (7) і (8) при тотожній рівності нулю помилки e . Оскільки при цьому похідна помилки за часом дорівнює нулю, то система рівнянь (7), (8) набуде вигляду:

$$0 = v \Delta I_{ст}, \quad (10)$$

$$\frac{dv}{dt} = 0. \quad (11)$$

Оскільки різниця струмів статора $\Delta I_{\text{СТ}}$ між головною та допоміжною ЕМ не дорівнює нулю, тому що вході технологічного процесу обдирки алмазів навантаження на вали роторів ЕМ є різним, то з виразів (10) та (11) очевидна тотожна рівність нулю параметра ν . Отже, функція dV/dt є відємно визначеною і при побудові методу автоматичного контролю несинхронності обертання роторів ЕМ на основі спостережного засобу ідентифікації, ротора якого описується виразом (5) і (6) величини $(\bar{c}_d \bar{\Phi}/J)(t)$ асимптотично наближаються до параметрів $c_d \Phi/J$. Збіжність процесу оцінки залежить від коефіцієнтів λ і β , які практично завжди можуть бути вибраними з умови протікання в системі процесу оцінки швидше головного перехідного процесу виходячи з вимог завадостійкості інформаційно-вимірювальної системи.

Оцінювання $(\bar{c}_d \bar{\Phi}/J)$ параметрів $c_d \Phi/J$ використовується для автоматичного настроювання параметрів ПД-регулятора шляхом домноження їх на виникаючі відхилення моменту інерції. При зміні моментів інерції силових ЕМ адаптивна система автоматичного контролю несинхронності обертання буде мати практично постійні динамічні характеристики за рахунок відповідної зміни параметрів $J/(\bar{c}_d \bar{\Phi})$.

Результати роботи адаптивної системи автоматичного контролю несинхронності обертання роторів силових ЕМ при використанні запропонованого спостережного засобу ідентифікації у складі інформаційно-вимірювальної системи представлено на рис. 2.

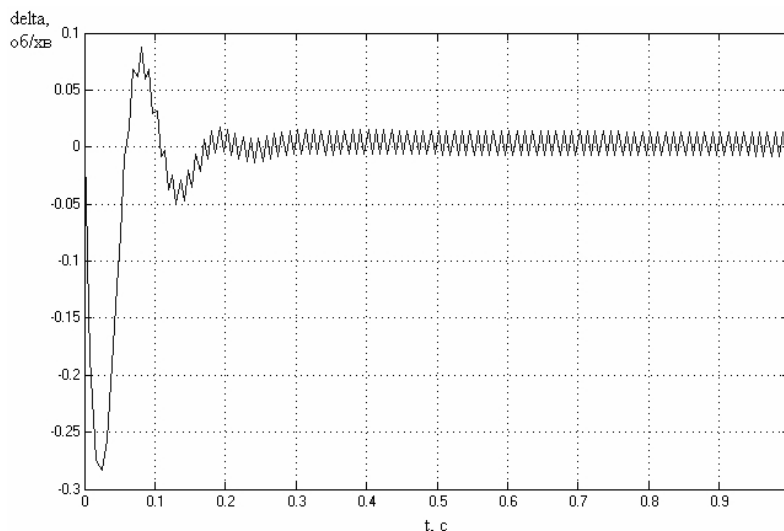


Рис. 2. Процес автоматичного контролю несинхронності обертання роторів при використанні спостережного засобу ідентифікації

Роботу інформаційно-вимірювальної системи з використанням спостережного засобу ідентифікації в ній при відхиленні електромагнітних і механічних параметрів ЕМ від номінальних значень показано на рис. 3.

При порівнянні результатів роботи відомих інформаційно-вимірювальних систем, що були розроблені у [1, 3, 4] із запропонованою (рис. 2, 3) можна побачити, що інформаційно-вимірювальна система для управління технологічним процесом обдирки алмазів, що побудована на основі методу автоматичного контролю несинхронності обертання із спостережним засобом ідентифікації дозволяє підвищити точність синхронізації у 3 – 4 рази як в статичному, так і в динамічному режимах роботи при зміні частот обертання роторів силових ЕМ від 0 до 6000 об/хв.

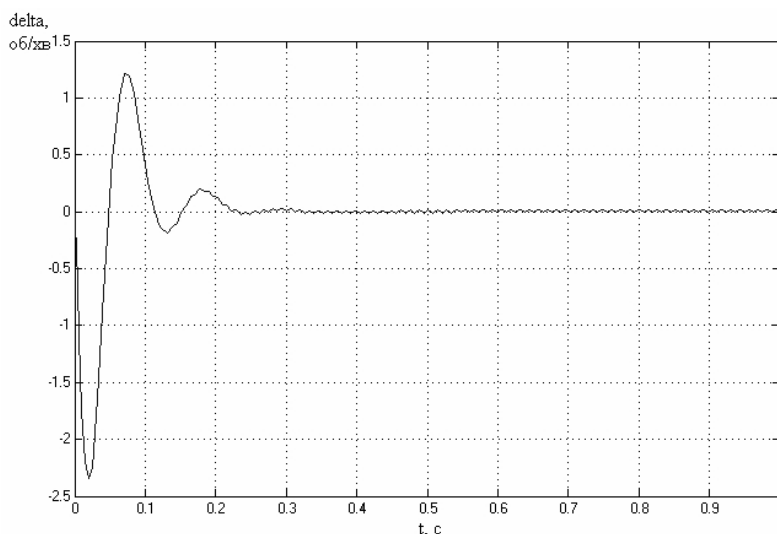


Рис. 3. Процес синхронізації частот обертання з використанням спостережного засобу ідентифікації при відхиленні електромагнітних і механічних параметрів ЕМ

Висновки

Як показали дослідження, використання в інформаційно-вимірювальній системі для управління технологічним процесом обдирки алмазів разом із методом автоматичного контролю несинхронності обертання, який реалізовано в спостережному засобі ідентифікації дозволяє підвищити як точність синхронізації кутових швидкостей в 3 – 4 рази, так і максимальну частоту обертання роторів силових ЕМ до 6000 об/хв, а це, у свою чергу, сприяє значному підвищенню якості продукції.

Література

1. Васілевський О.М. Інформаційно-вимірювальна система для автоматичного контролю параметрів роторних систем: Дис. р-та. к-та. техн. наук: 05.11.16 / Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2006. – 248 с.
2. Барышников В.Д., Куликов С.Н. Автоматизированные электроприводы машин бумагоделательного производства. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 144 с.
3. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Васілевський О.М. Математичне моделювання системи адаптивного керування з синхронізацією частот обертання асинхронних двигунів. - Вісник національного університету „Львівська політехніка”. Серія: „Автоматика, вимірювання та керування”. – Львів. – 2003. - № 475. - С. 77 – 82.
4. Васілевський О.М. Інформаційно-вимірювальна система для автоматичного контролю несинхронності обертання та вібродіагностики електромеханічних систем // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. – Донецк: Норд Компьютер, 2005. – № 1. – С. 29 – 32.
5. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.