

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПРАВКИ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ НА МЕТАЛОВОМУ ЗВ'ЯЗУВАННІ

The system of the wheel's optimization was proposed on the analysis's base of the determinative model of the technological diamond-sparkling the process of polishing.

Вступ. Підвищення техніко-економічних показників технологічних процесів алмазного шліфування забезпечується наявністю в контурі програмного управління верстатом засобів адаптивного виправлення кругів. Питанням розробки методів і технічних засобів виправлення шліфувальних кругів приділяється належна увага в технічній літературі [1-4]. Актуальність і важливість цієї науково-технічної проблеми обумовлена тим, що вона не вирішена в повному обсязі.

Розробка математичної моделі. Структурна схема каналу для оптимізації процесів виправлення шліфувальних кіл на металевому зв'язуванні представлено на рис. 1. Канал складається з: пристрою статистичного оцінювання здатності шліфувального круга, що ріже, (УОРСК), пристрою оцінювання шпаруватості вихідного сигналу технологічного джерела живлення (УОС), обчислювального блоку (ВБ), пристрою управління шпаруватістю (УУС) і технологічного джерела живлення (ТИП). Функціонально цей канал являє собою замкнуту цифрову систему автоматичного регулювання шпаруватості, яка побудована на основі принципу управління за відхиленням.

Функцію регулятора шпаруватості в розглянутій системі управління виконує обчислювальний блок. Цей модуль по відомих сигналах уставки W_{max} і W_{min} формує позиційний код, що запам'ятовується в регістрі пристрою управління шпаруватістю вихідного сигналу технологічних джерел живлення. ВБ виконує при цьому лінійні операції, отже, цей блок можна представити лінійним імпульсним фільтром. У цьому випадку вираз для його передатної функції має такий вигляд

$$H_1(p) = \frac{1 - e^{-p\tau_r}}{\tau_r} . \quad (1)$$

Специфіка роботи блоку УОС і також блоку УУС дозволяє представити їх імпульсними елементами, котрі мають такі передатні функції

$$H_2(p) = \frac{1 - e^{-pT_c}}{p} , \quad (2)$$

де T_c – період вихідного сигналу технологічного джерела живлення.

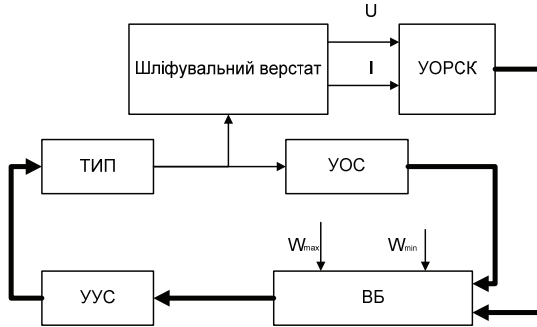


Рис. 1 – Функціональна схема каналу для оптимізації процесів виправлення шліфувальних кіл

Специфіка роботи блоку УОРСК дозволяє представити його імпульсним елементом, який має таку передатну функцію

$$H_2(p) = \frac{1 - e^{-pT_{np}}}{p}, \quad (3)$$

де T_{np} - час перетворення блоку УОРСК.

Блок ТИП представимо пропорційною ланкою, що має коефіцієнт перетворення $K_{тип}$ і відповідно таку передатну функцію

$$H_3(p) = K_{тип} \cdot \quad (4)$$

Будемо так само вважати, що вузол ВБ виконує процедуру підсумовування вихідних сигналів блоків УОС і УОРСК. Отже, на підставі вищевикладеного маємо таку структурну схему детермінованої математичної моделі каналу для оптимізації процесу виправлення шліфувального круга (рис. 2).

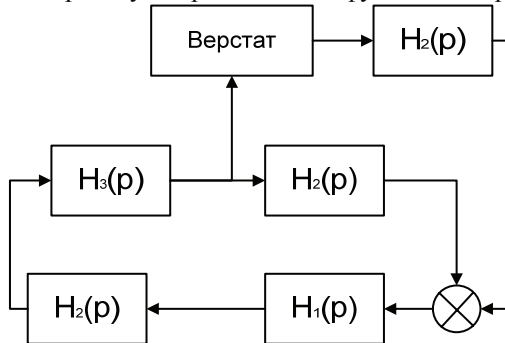


Рис. 2 – Структурна схема математичної моделі каналу

Аналіз математичної моделі. Виконаємо аналіз побудованої моделі з метою одержання передатної функції каналу. При перетворенні структурної схеми будемо вважати вузол ОУ (шліфувальний верстат) пропорційною лан-

кою з коефіцієнтом передачі K_{OV} . Тоді, відповідно до правил перетворення структурних схем, маємо наступний вираз

$$H_4(p) = H_1(p) + K_{OV}H_2(p) = \frac{1}{p} \left[1 - e^{-pT_z} + K_{OV} \left(1 - e^{-pT_{np}} \right) \right]. \quad (5)$$

Оскільки блоки УОС і УОРСК мають велику швидкодюю, то цілком коректна така заміна експонентних функцій

$$e^{-pT_z} \approx 1 - pT_z.$$

З урахуванням цього маємо наступне рівняння

$$H_4(p) = T_z + K_{OV}T_{np}. \quad (6)$$

Передатна функція розімкнутої системи дорівнює добуткові отриманих передатних функцій окремих ланок

$$H_5(p) = K_{ТПП} (T_z + K_{OV}T_{np}) \frac{(1 - e^{-p\tau_r})}{\tau_r} \frac{(1 - e^{-pT_z})}{p}. \quad (7)$$

Спростимо останній вираз, виконавши для цього заміну експонентної функції наступним обмеженим статечним рядом

$$e^{-p\tau_r} \approx 1 - p\tau_r + \left(\frac{p\tau_r}{2} \right)^2.$$

З урахуванням цього передатна функція розімкнутої системи набуває такий вигляд

$$H_5(p) = K_{ТПП} pT_z (T_z + K_{OV}T_{np}) (1 - 0.25\tau_r p). \quad (8)$$

Умові стійкості розімкнутої системи звичайно задовольняють негативні корені передатної функції. З урахуванням цього останній вираз набуває наступний вигляд

$$H_5(p) = K_{ТПП} pT_z (T_z + K_{OV}T_{np}) (1 + 0.25\tau_r p). \quad (9)$$

Звідси, передатна функція замкнутої системи автоматичного регулювання шпаруватості вихідного сигналу технологічного джерела живлення, виходить у вигляді

$$H_6(p) = \frac{K_{ТПП} pT_z (T_z + K_{OV}T_{np}) (1 + 0.25\tau_r p)}{1 - K_{ТПП} pT_z (T_z + K_{OV}T_{np}) (1 + 0.25\tau_r p)} \quad (10)$$

Пошук полюсів у середовищі *Matlab* дозволяє представити передатну функцію досліджуваного каналу у виді послідовного з'єднання елементарних ланок

$$H_6(p) = \frac{K_{ТПП} pT_z (T_z + K_{OV}T_{np}) (1 + 0.25\tau_r p)}{(T_{17}p + 1)(T_{18}p + 1)}. \quad (11)$$

По виразу (11) одержимо дискретну передатну функцію каналу. Для цього розкладемо вираз $H_6(p)/p$ на прості дробі

$$\frac{H_6(p)}{p} = k_{ТПП} T_z (T_z + K_{OY} T_{np}) \left[\frac{T_{16} T_{17}}{(T_{18} - T_{17})(T_{18} p + 1)} - \frac{T_{16} T_{17}}{(T_{18} - T_{17})(T_{17} p + 1)} \right],$$

де $T_{16} = 0.25\tau_r$.

Вираз для дискретної передатної функції замкнутого каналу регулювання шпаруватості вихідного сигналу технологічного джерела живлення після перетворень вийшло в наступному вигляді

$$H_K(z) = \frac{k_{ТПП} T_z (T_z + K_{OY} T_{np}) \frac{T_{16}}{T_{18} - T_{17}} \left(e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} + e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} \right) z^{-1}}{\left(1 - e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} z^{-1} \right) \left(1 - e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} z^{-1} \right)}. \quad (12)$$

Тоді кінцево-різницеве рівняння, яке описує динаміку каналу, при використанні операторів зрушення

$$z^{-2} y[nT_0] = y_{n-2}; \quad z^{-1} y[nT_0] = y_{n-1}$$

на основі рівняння (12) прийме такий вигляд

$$y_n + a_1 y_{n-1} + a_2 y_{n-2} = b_1 u_{n-1}, \quad (13)$$

де

$$a_1 = - \left(e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} + e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} \right); \quad a_2 = e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} e^{-\frac{T_0}{T_{18}}};$$

$$b_1 = k_{ТПП} T_z (T_z + K_{OY} T_{np}) \frac{0.25\tau_r}{T_{18} - T_{17}} \left(e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} + e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} \right).$$

Технічні характеристики оптимального цифрового регулятора шпаруватості вихідного сигналу ТИП визначаються видом і параметрами вхідного впливу. Представимо цей вплив одиничною функцією Хевісайда. Тоді передатна функція регулятора запишеться в такий спосіб

$$H_{omn}(z) = \frac{k_{ТПП} T_z (T_z + K_{OY} T_{np}) \frac{0.25\tau_r}{T_{18} - T_{17}} \left[z^2 + \left(e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} + e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} \right) z \right]}{e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} z^2 - \left(e^{-\frac{T_0}{T_{18}}} + e^{-\frac{T_0}{T_{17}}} \right) z + 1}. \quad (14)$$

У середовищі *Matlab* по виразах (12) і (14) зібрана структурна схема каналу з оптимальним цифровим регулятором (рис. 3). У результаті імітаційного моделювання встановлено, що розроблений канал задовольняє вимогам системи по координатного управління верстатом по швидкодії. Час реакції досліджуваного каналу на вхідний скачок величиною 0.043 склало 0.12мс.

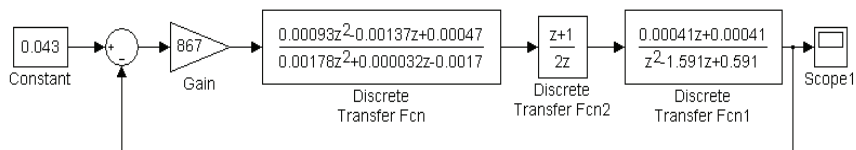


Рис. 3 – Структурна схема каналу в середовищі *Matlab*

Передатна функція помилки досліджуваного каналу регулювання шпалуватості вихідного сигналу ТИП з одиничним зворотним зв'язком описується таким операторним рівнянням

$$G(p) = \frac{1}{1 + K_{ТИП} p T_z (T_z + K_{OY} T_{np}) (1 + 0.25 \tau_r p)} \quad (15)$$

Після математичних перетворень операторне рівняння (15) здобуває такий вигляд

$$G(p) = \frac{1}{p^2 K_{ТИП} T_z \tau_r (T_z + K_{OY} T_{np}) + p K_{ТИП} T_z (T_z + K_{OY} T_{np}) + 1}$$

Перехід у частотну область дає наступне рівняння помилки каналу системи для оптимізації процесів виправлення шліфувальних кіл на металевому зв'язуванні

$$\delta = \frac{T_z}{\sqrt{\left[T_z - 4\pi^2 \tau_r K_{ТИП} (T_z + K_{OY} T_{np}) \right]^2 + 4\pi^2 T_z K_{ТИП} (T_z + K_{OY} T_{np})^2}}$$

Висновки. Результати розрахунку помилки каналу, які отримано за допомогою останнього рівняння, задовільно погодяться з аналізом метрологічних характеристик його окремих блоків. Величина відносної помилки цього каналу склала 0.03%. Отже, запропонований канал для оптимізації процесів виправлення шліфувальних кіл задовольняє вимогам системи управління вестатом по точності.

Список літератури: 1. Матюха П.Г. Стабилизация выходных показателей шлифования с помощью управляющих воздействий на рабочую поверхность круга. Донецк: ДонГТУ, 1995 - 172 с. Деп. № 144, Ук. 96. 2. Матюха П.Г. Алмазное шлифование с управлением параметрами рабочей поверхности круга // Резание и инструмент. - Донецк: ДонГТУ, 1993 Вып. 48 с. 33-35. 3. Полтавец В.В. Себестоимость шлифования с управляющими воздействиями на РПК // Резание и инструмент. - Донецк: ДонГТУ, 1999, с. 53-60. 4. Новоселов Ю.К., Братан С.М., Крылов И.В. Стратегия управления операцией шлифования в автоматизированном производстве // Резание и инструмент. - Донецк: ДонГТУ, 2001, с. 25-31. 5. Еникеев А.Ф. Оптимальное управление технологическим процессом алмазного шлифования. – Краматорск: ДГМА, 2001. – 160 с.

Надійшла до редколегії 21.04.08