

УДК 622:233.6:–83:68.3

## СИСТЕМА КЕРУВАННЯ З НЕЛІНІЙНОЮ КОРЕКЦІЄЮ ЗА ЗАВДАННЯМ ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДА ОБЕРТАННЯ ШАРОШКОВОГО ВЕРСТАТА

**В. С. Хілов**Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”  
просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна. E-mail: khilov53@ukr.net

Визначення якісних і кількісних показників зовнішнього контуру керування електромеханічної системи обертання бурового постава. В основу досліджень покладено апробовані методи: частотного аналізу, диференціального аналізу, операційного числення, теорії автоматичного керування багатоконтурними системами, декомпозиції. Зроблено частотний аналіз характеристик динамічних ланок об'єкта управління контуру потужності електромеханічного привода обертання бурового постава шарошкового верстата. Вперше досліджено вплив електромеханічної системи обертання бурового постава на якість керування контуру потужності. Отримані результати дозволяють за початковими даними об'єкта керування розрахувати настроювання регулятора зовнішнього контуру та оцінити показники якості керування зовнішнього контуру електромеханічної системи обертання бурового постава.

**Ключові слова:** електромеханіка, потужність, якість керування.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С НЕЛИНЕЙНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ПО ЗАДАНИЮ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ВРАЩЕНИЯ ШАРОШЕЧНОГО СТАНКА

**В. С. Хилов**Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”  
просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49005, Украина. E-mail: khilov53@ukr.net

Определение качественных и количественных показателей внешнего контура управления электромеханической системы вращения бурового става. В основу исследований положены апробированные методы: частотного анализа, дифференциального анализа, операционного исчисления, теории автоматического регулирования многоконтурными системами, декомпозиции. Произведен частотный анализ характеристик динамических звеньев объекта управления контура мощности электромеханического привода вращения бурового става шарошечного станка. Впервые исследовано влияние электромеханической системы вращения бурового става на качество управления контура мощности. Полученные результаты позволяют по исходным данным объекта управления рассчитать настройки регулятора внешнего контура и оценить показания качества регулирования внешнего контура электромеханической системы вращения става.

**Ключевые слова:** электромеханика, мощность, качество управления.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Для досягнення ресурсозберігаючих режимів роботи шарошкового долота необхідно одержання гіперболічних залежностей між частотою обертання постава і міцністю породи, яка руйнується долотом [1]. За такої умови система керування має автоматично, без втручання оператора, обирати частоту обертання шарошкового долота при змінному та апіорі не відомому значенні міцності породи, яка буриться.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Встановлено [1], що безпосереднє застосування зовнішнього контуру електромагнітної потужності призводить до паралельного вмикання контурів керування частоти обертання і струму внаслідок наявності в об'єкті керування перехресних зв'язків.

Введення постійно ввімкненого зовнішнього контуру контролювання потужності дозволяє ефективно підтримувати на заданому рівні потужність приводної системи при проходці у міцних породах, але ускладнює реалізацію жорстких механічних характеристик при бурінні по м'яким і зруйнованим гірничим породам. Для усунення такого недоліку запропонуємо і дослідимо систему керування потужністю з використанням регулятора, що забезпечує роботу привода з автоматичним переходом як на жорсткі, так і на м'які механічні характеристики на шарошковому долоті.

Із цією метою сигнал, що задає, на вході регулятора ЕРС (частоти обертання) поділимо на сигнал, пропорційний моменту опору на шарошковому до-

лоті. Цей сигнал може бути ідентифікований астатичним спостерігачем [2], тоді він буде відповідати в точності моменту опору на долоті у зоні вибою. Для спрощення припускаємо, що поточні значення частоти обертання й ЕРС, а також поперечна складова струму статора асинхронного двигуна і момент опору пропорційні один одному.

Характеристичне рівняння передатної функції за каналом збурення із застосуванням ПІ-регулятора частоти обертання описується поліномом третього порядку

$$p^3 a_s^2 b_s T_C^3 + p^2 \left( a_s^2 b_s T_C^2 + a_s b_s T_C \frac{P_Z(p)}{M_C(p)} \frac{T_{EM}}{K_S} \right) + p \left( a_s b_s T_C + \frac{P_Z(p)}{M_C(p)} \frac{T_{EM}}{K_S} \right) + 1 = 0,$$

де  $P_Z$  – сигнал задання потужності;  $M_C$  – момент опору;  $T_{EM}$  – електромеханічна стала часу;  $K_S, K_M$  – коефіцієнти передачі давачів швидкості та моменту;  $T_C$  – стала часу контуру струму;  $a_s, b_s$  – коефіцієнт настроювання контуру швидкості;  $p$  – оператор Лапласа.

У характеристичне рівняння вводимо нову змінну

$$p = q / \sqrt[3]{a_s^2 b_s T_C^3},$$

що дозволяє привести рівняння (1) до нормованого виду

$$q^3 + Aq^2 + Bq + 1 = 0,$$

де коефіцієнти

$$A = \frac{a_s^2 b_s T_c^2 + a_s b_s T_c \frac{P_z(p) T_{EM}}{M(p) K_s}}{\sqrt[3]{(a_s^2 b_s T_c^3)^2}};$$

$$B = \left( a_s b_s T_c + \frac{P_z(p) T_{EM}}{M(p) K_s} \right) / \sqrt[3]{a_s^2 b_s T_c^3}$$

є параметрами Вишеградського [3].

Мінімальні значення коефіцієнтів Вишеградського визначаються з початкових значень при нульовому сигналі, що є завданням на вході системи керування,

тобто лінія ГН при  $A_{\min} = \sqrt[3]{a_s^2 b_s}$  і  $B_{\min} = \sqrt[3]{a_s b_s^2}$

коефіцієнтах налаштування  $a_s = b_s = 1$  починається на межі стійкості, а при  $a_s = b_s = 2$  лежить в області стійкого перехідного процесу. Тобто необхідна і достатня умова збереження стійкості системи керування не порушується при введенні нелінійного регулятора потужності. Лінія ГН – це геометричне місце точок вершин парабол при поточних значеннях завдання на потужність руйнування породи  $P_z$  і моменту опору на долоті, що дорівнює у статичі крутному моменту двигуна  $M$ .

Як виходить з розташування ліній з однаковими значеннями ступеня стійкості, практично при всіх сполученнях значень  $P_z(p)$  і  $M_c(p)$  система керування з корекцією за моментом опору на шарошковому долоті є стійкою. В області нестійкості сполучення значень  $P_z(p)$  і  $M_c(p)$  у реально працюючій приводній системі не зустрічаються.

ВИСНОВКИ. Запропоновано і проаналізовано

### CONTROL SYSTEM WITH UNLINEAR CORRECTION AS TO THE ASSIGNMENT OF THE POWER OF THE DRIVE OF THE ROTATION DRILLING ROD

**V. Khilov**

Institution of State Higher Education "National Mining University"

prosp. K. Marxa, 19, Dnipropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: khilov53@ukr.net

Research aim is determining of qualitative understanding quantitative indicators of the exterior contour of the control of electromechanical the system of rotation drilling rod. In the basis of researches are put approve methods: frequency analysis, differential analysis, operational calculus, the theories of automatic regulation multiloop systems, decompositions. Is performed frequency the analysis of the characteristics of the dynamic links of the object of the control of the contour of the power of electromechanical the drive of the rotation of drilling rod roller cone machine. For the first time is investigated the influence of electromechanical the system of rotation drilling rod on the quality of the control of the contour of power. Received results let as to the basic data of the object of control to calculate of tuning of the regulator of exterior contour and to appreciate the indications of the quality of the regulation of the exterior contour of electromechanical the system of rotation rod.

**Key words:** electromechanics, power, the quality of control.

#### REFERENCES

1. The synthesis of control system by the power of the drive of the rotation of the machine of rod roller boring / V.S. Khilov, A.S. Beshta // *Visnik KDPU*. – 2003. – Iss. 2 (19). – Vol. 2. – P. 52–55. [in Russian]
2. Khilov V.S. The identification of the moment of resistance, the frequencies of rotation and power on rod roller in rotation boring / *Visnik KDPU*. – Kremen-chuk: KDPU, 2004. – Iss. 5 (28). – P. 16–20. [in Russian]

систему керування потоком потужності в зоні вибою, у якій застосована корекція сигналу з виходу задавача інтенсивності на вхід регулятора частоти обертання сигналом, пропорційним моменту опору. Така корекція збільшує демпфуючу здатність усієї системи керування. Система керування дозволяє автоматично переходити від режиму керування з підтримкою частоти обертання поставу до режиму з підтримкою потоку механічної потужності на шарошковому долоті у зоні вибою в залежності від міцності гірничої породи, що буриться.

При замиканні у приводній системі обертання поставу зовнішнього контуру регулювання по потужності реалізується алгоритм керування процесом шарошкового буріння, при якому забезпечуються параболічні механічні характеристики на долоті при руйнуванні міцних гірничих порід. Це призводить до роботи шарошкового долота у режимі ресурсозбереження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Синтез системи управління потужністю привода вращения станка шарошечного бурения / В.С. Хиллов, А.С. Бешта // *Вісник КДПУ*. – Кременчук: КДПУ. – 2003. – Вип. 2/2003 (19). – Т. 2. – С. 52–55.
2. Хиллов В.С. Идентификация момента сопротивления, частоты вращения и мощности на шарошечном долоте при вращательном бурении // *Вісник КДПУ*. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 5/2004 (28). – С. 16–20.
3. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бессекерский, Е.П. Попов. – М.: Наука, 1975. – 768 с.

3. *The theory of the systems of automatic regulation* / V.A. Bessekerskiy, E.P. Popov. – М.: Science, 1975. – 768 p. [in Russian]

Стаття надійшла 13.07.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Родькіним Д.Й.