

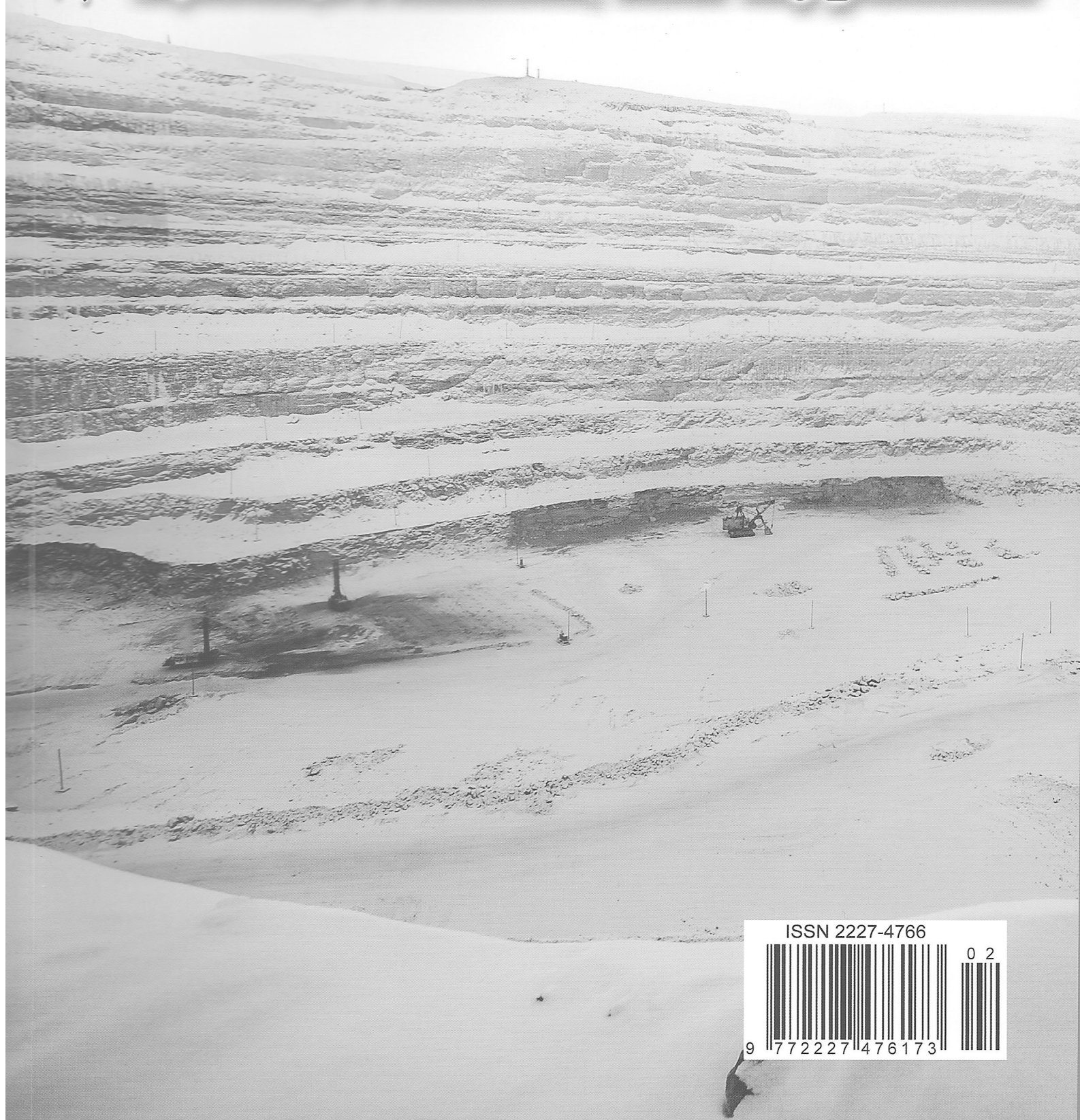
№2 2017

научно-технический и производственный

ГОРНЫЙ

ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

Қазақстанның кен журналы



ISSN 2227-4766



0 2

9 772227 476173

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

3 Колонка главного редактора

Развитие горно-промышленного комплекса

5 Воробьев А.Е., Ходжаев Р.Р., Таикулова Г.К.
Минерально-сырьевые университеты: современные вызовы и основные пути их разрешения

Геодезия

12 Оракбаева А.Б., Земцова А.В.
Анализ вопроса модернизации текущего высотного обеспечения Республики Казахстан17 Нұрпейісова М.Б., Құрманбаев О.С.
Өндіріс алыңындағы құрылыс деформацияларын бақылаудың геодезиялық әдістері

Горные машины

23 Поветкин В.В., Исаева И.Н., Шадхин Ю.И.
Параметрический синтез системы управления электроприводом шаровой мельницы

Обогащение полезных ископаемых

26 Ibragimova O.I., Aksenova D.R., Luganov V.A.
Synergistic effect and benefits of mixed collectors application

29 XXIX Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых IMPC 2018 ①

Переработка полезных ископаемых

30 Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Каплан В.А.
Выбор и обоснование способа регенерации карбонатно-сульфатного расплава с извлечением серы в товарный продукт

Геоэкология

39 Даулбаева А.Н.
Мониторинг содержания тяжелых металлов в городской почве на примере города Риддера43 Калитов Д.К., Завалей В.А., Салыбекова В.С., Рахимов Т.А.
Применение методов внутривластовой очистки подземных вод от шестивалентного хрома

Юбилей

48 Игорь Леонтьевич Забудкин (к 85-летию со дня рождения)
Дуйсенбай Пайзиев (к 70-летию со дня рождения)50 Досым Касымович Сулеев (к 70-летию со дня рождения)
Анатолий Николаевич Вандакуров (к 55-летию со дня рождения)

52 Требования к оформлению статей

УДК 621.39.075

В.В. Поветкин, *д-р техн. наук, профессор*, vv1940_povetkin@mail.ru
 И.Н. Исаева, *докторант PhD*, marira06@mail.ru
 Ю.И. Шадхин, *инженер*, shada2000@mail.ru

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева», Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева (г. Алматы, Казахстан)

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Мақаласында туралы мәліметтер келтіріледі өлшемдік бағалау синтездеу жүйесін электржетекті басқарудың шарлы диірменнің негізінде құрылымдық схемасы электр жетегінің шарлы диірмендер. Математикалық үлгісі әзірленді диірменді және келтірілген шешім бағдарламаны қолданып, синтез алгоритмдік тілінде MATLAB.

В статье приводятся сведения о параметрической оценке синтеза системы управления электроприводом шаровой мельницы на основе структурной схемы электропривода шаровой мельницы. Разработана математическая модель привода шаровой мельницы и приведены решения с использованием программы синтеза на алгоритмическом языке MATLAB.

Түйінді сөздер: электромеханикалық жүйесі, шарлы диірмен, асинхронды қозғалтқыш, амплитудасы сәттен серпімді деформация, басқару принципі бойынша есептелінеді.

Ключевые слова: электромеханическая система шаровой мельницы, асинхронный двигатель, амплитуда момента упругой деформации, принцип управления по отклонению.

Одной из основных задач проектирования системы автоматического управления электроприводом шаровой мельницы является задача параметрического синтеза системы управления при заданной структуре системы и входном воздействии на систему. Механическую часть электромеханической системы шаровой мельницы можно представить как систему, состоящую из двух сосредоточенных масс и упругой связи между двигателем и барабаном мельницы. Благодаря демпфирующему действию электропривода мельницы, склонность механической части электропривода к колебаниям подавляется и резонансное усилие колебаний ограничивается в степени, зависящей от параметров электромеханической системы. Подбором параметров можно свести колебательность системы к минимуму, обеспечив при этом уменьшение нагрузки механического оборудования и его износа [1]. Структурная схема электромеханической системы шаровой мельницы в среде MATLAB представлена на рис. 1.

Структурная схема электропривода шаровой мельницы состоит из структурной схемы линеаризованной замкнутой системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» [2]. Преобразователь частоты (ПЧ) представлен инерционным звеном с передаточной функцией $W(s) = K_p / (T_p s + 1)$, асинхронный двигатель (АД) представлен двумя динамическими звеньями: интегрирующим звеном с передаточной функцией $W(s) = 1/J_1 s$ и инерционным звеном с передаточной функцией $W(s) = b/(T_q s + 1)$. Стабилизация частоты вращения асинхронного двигателя, как показано в структурной схеме, осуществляется с помощью обратных связей. Главная обратная связь построена на основе принципа управления по отклонению (коэффициент передачи K_{oc}). Внутренняя обратная связь системы управления представлена инерционно-форсирующим звеном с передаточной функцией $W(s) = (T_1 s + 1)/(T_2 s + 1)$. Расчетные уравнения структурной схемы электромеханической системы шаровой мельницы можно записать в следующем виде:

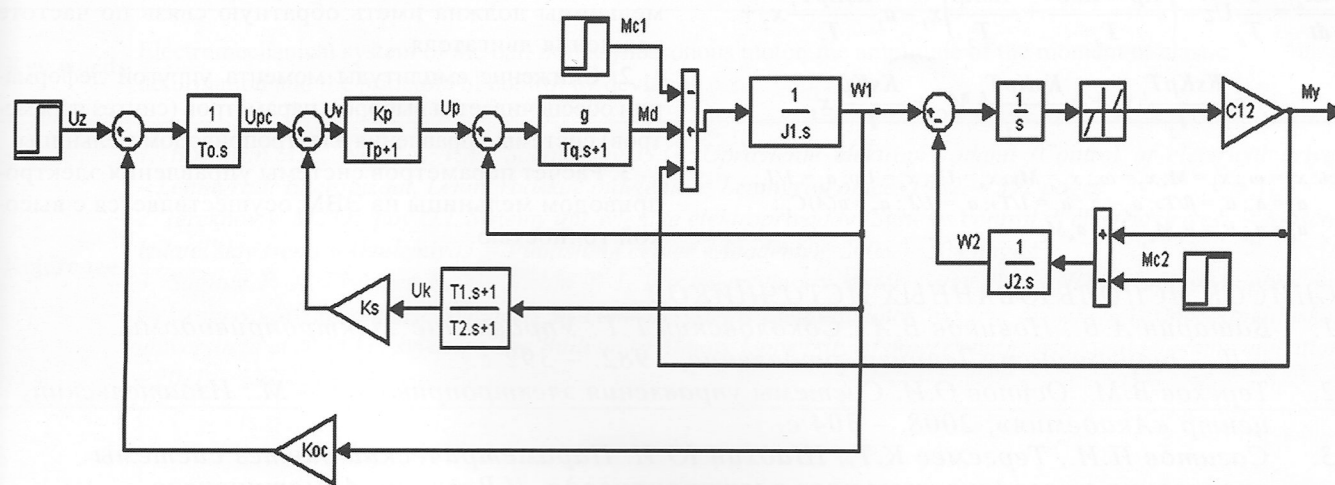


Рис. 1. Структурная схема электропривода шаровой мельницы.

$$\begin{aligned}
\frac{d\omega_1}{dt} &= \frac{1}{J_1} M - \frac{1}{J_1} My - \frac{1}{J_1} M_{c_1}; \quad \frac{dM}{dt} = \frac{\beta}{T_3} Up - \frac{\beta}{T_3} \omega_1 - \frac{1}{T_3} M; \\
\frac{d\omega_2}{dt} &= \frac{1}{J_2} My - \frac{1}{J_2} M_{c_2}; \quad \frac{dMy}{dt} = q(A) \times C_{12}(\omega_1 - \omega_2); \\
\frac{dUk}{dt} &= \frac{T_1}{T_2 \times J_1} M - \frac{T_1}{T_2 \times J_1} My - \frac{1}{T_2} Uk - \frac{T_1}{T_2 \times J_1} M_{c_1}; \quad (1) \\
\frac{dUp}{dt} &= \frac{1}{T_0} Uz - \left(\frac{Kp \times Koc}{T_0} + \frac{KsKp}{T_2} \right) \omega_1 - \frac{KsKpT_1}{T_2J_1} M + \\
&\quad + \frac{KsKpT_1}{T_2J_1} My + \frac{KsKpT_1}{T_2J_1} M_{c_1} + \frac{KsKp}{T_2} Uk,
\end{aligned}$$

где My – момент упругой деформации;
 $q(A)$ – коэффициент гармонической линеаризации;
 C_{12} – коэффициент жесткости упругой связи;
 ω_2 – угловая частота вращения барабана мельницы;
 M_{c_1} – момент сопротивления механизма;
 J_2 – момент инерции механизма;
 ω_1 – угловая частота вращения вала двигателя;
 M – момент двигателя;
 M_{c_1} – момент сопротивления двигателя;
 β – жесткость линеаризованной механической характеристики АД;
 T_3 – электромагнитная постоянная времени цепи статора и ротора АД;
 Kp – коэффициент передачи преобразователя частоты;
 Up – напряжение на выходе преобразователя частоты;
 Urc – напряжение на выходе регулятора скорости;
 Uk – напряжение на выходе звена с передаточной функцией
 $W(s) = (T_1s + 1)/(T_2s + 1)$;
 Uz – задающее напряжение замкнутой системы ПЧ – АД;
 Ks – коэффициент усиления суммированных сигналов обратных связей (с выхода регулятора скорости и скорости двигателя);
 T_1, T_2 – постоянные времени корректирующего звена.

Для решения задачи синтеза параметров системы управления электроприводом шаровой мельницы, уравнения (1) приводим к следующему виду:

$$\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= a_1x_2 - a_2x_4 - b_1; \quad \frac{dx_2}{dt} = a_3x_6 - a_4x_1 - a_5x_2; \\
\frac{dx_3}{dt} &= a_6x_4 - b_2; \quad \frac{dx_4}{dt} = a_7x_1 - a_8x_3; \\
\frac{dx_5}{dt} &= a_1 \frac{T_1}{T_2} x_2 - a_2 \frac{T_1}{T_2} x_4 - \frac{1}{T_2} x_3 - b_1 \frac{T_1}{T_2}; \quad (2) \\
\frac{dx_6}{dt} &= \frac{1}{T_0} Uz - \left(\frac{Kp \times Koc}{T_0} + \frac{KsKp}{T_2} \right) x_1 - a_1 \frac{KsKpT_1}{T_2} x_2 + \\
&\quad + a_1 \frac{KsKpT_1}{T_2} x_4 + a_1 \frac{KsKpT_1}{T_2} M_{c_1} + \frac{KsKp}{T_2} x_5,
\end{aligned}$$

здесь: $x_1 = \omega_1$; $x_2 = M$; $x_3 = \omega_2$; $x_4 = My$; $x_5 = Uk$; $x_6 = Up$; $a_1 = 1/J_1$;
 $a_2 = a_1$; $a_3 = \beta/T_3$; $a_4 = a_3$; $a_5 = 1/T_3$; $a_6 = 1/J_2$; $a_7 = q(A)C_{12}$;
 $a_8 = a_7$; $b_1 = a_1M_{c_1}$; $b_2 = a_6M_{c_2}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отделение, 1982. – 392 с.
2. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.
3. Сагитов П.И., Тергемес К.Т., Шадхин Ю.И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного электропривода. // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2011. – №2(13).

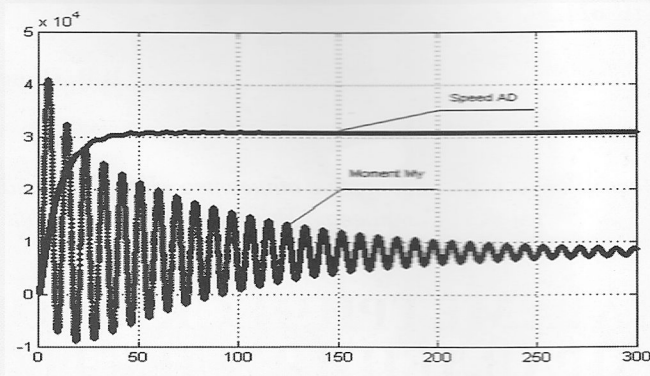


Рис. 2. Осциллограммы переходных процессов скорости двигателя и момента упругой деформации.

Синтез параметров системы управления электроприводом шаровой мельницы, а также расчет переходного процесса частоты вращения двигателя и момента упругой деформации осуществлялся на основе алгоритма синтеза параметров системы управления [3].

Переходный процесс частоты вращения двигателя и момент упругой деформации рассчитывается по уравнениям (2) методом Рунге – Кутты. По переходному процессу частоты вращения двигателя и моменту упругой деформации выбирается приемлемый вариант счета переходных процессов (визуально по виду кривых переходных процессов на дисплее ЭВМ).

Один из наиболее приемлемых вариантов переходных процессов частоты вращения двигателя и момента упругой деформации приведен на рис. 2.

Переходные процессы скорости и момента упругой деформации получены при следующих параметрах системы управления электроприводом мельницы:

$$\begin{aligned}
Kp &= 4,6'; \quad Ks = 11,06; \quad Koc = 0,34; \\
T_0 &= 0,28; \quad T_1 = 0,34; \quad T_2 = 0,56.
\end{aligned}$$

При синтезе параметров системы управления электроприводом мельницы использовались паспортные и рассчитанные параметры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором серии ДЗО-630-0,66-600.

Выводы

1. Система управления электроприводом шаровой мельницы должна иметь обратную связь по частоте вращения двигателя.

2. Снижение амплитуды момента упругой деформации обеспечивается выбором параметров (синтез параметров) системы управления электроприводом мельницы.

3. Расчет параметров системы управления электроприводом мельницы на ЭВМ осуществляется с высокой точностью.

«Gornyi zhurnal Kazakhstana» / «Mining journal of Kazakhstan»	
Title	<i>Parametric synthesis of control systems electric ball mill</i>
Author 1	Name&Surname: <i>Povetkin V.V.</i>
	Company: <i>Institute of industrial engineering after A. Burkitbayev of Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev» (Almaty, Kazakhstan)</i>
	Work position: <i>Lecturer</i>
	Scientific Degree: <i>Doctor of Technical Sciences, Professor</i>
	Contacts: <i>vv1940_povetkin@mail.ru</i>
Author 2	Name&Surname: <i>Lecturer</i>
	Company: <i>Institute of industrial engineering after A. Burkitbayev of Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev» (Almaty, Kazakhstan)</i>
	Work position: <i>doctoral student</i>
	Scientific Degree: <i>doctoral student</i>
	Contacts: <i>marira06@mail.ru</i>
Author 3	Name&Surname: <i>Shadkhin Y. I.</i>
	Company: <i>Institute of industrial engineering after A. Burkitbayev of Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev» (Almaty, Kazakhstan)</i>
	Work position: <i>Engineer</i>
	Scientific Degree:
	Contacts: <i>shada2000@mai.ru</i>
Abstract	The article provides information on the parametric estimation of the synthesis of electric drive control system of ball mill on the basis of structural schemes of electric ball mill. Developed a mathematical model of the ball mill and the solving using program synthesis in programming language MATLAB. This article contains the electric control system of ball mill, which must have a speed feedback engine, as well as reducing the time of elastic deformation amplitude is provided by a choice of parameters (parameters of synthesis) motor control system of the mill. A calculation of motor control parameters of the system of the mill on a computer is carried out with high accuracy.
Key words	Electromechanical system of the ball mill asynchronous motor, the amplitude of the moment of elastic deformation and the principle of control by deviation.
Reference	1. Basharin A.V., Novikov V.A., Sokolovsky G.G. <i>Upravlenie elektroprivodami (Control of electrical drives)</i>. – Leningrad: Energoizdat, Leningradskoe otdelenie = Leningrad office, 1982. – 392 pages. 2. Terekhov V. M., Osypov O.I. <i>Sistemy upravleniya elektroprivodov (Systems control of electric drives)</i>. – Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya» = Publishing center «Academy», 2008. – 304 pages. 3. Sagitov P. I., Ergemes K. T., Sazhin Y. I. <i>Parametricheskii sintez sistemy upravleniya mnogodvigatel'nogo elektroprivoda (Parametric synthesis of control systems of multimotor electric drive)</i>. // <i>Vestnik Almatinskogo universiteta energetiki i svyazi = The Bulletin of Almaty University of power engineering and telecommunications</i>. – 2011. – №2(13).

Статья публикуется по рекомендации члена редакционной коллегии, доктора технических наук И.Н. Столповских