

В.Н. Фашиленко, С.Н. Решетняк

ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ PID-РЕГУЛЯТОРА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Создание электромеханического энергоэффективного резонансного режима работы горных машин служащих для разрушения горного массива является весьма актуальной научной задачей. Решение этой научной задачи заключается в снижении себестоимости проведения работ за счет снижения электропотребления горной машиной. Данный режим работы возможен при использовании систем управления электроприводов на базе современной преобразовательной техники с регуляторами. В качестве регулятора контролируемые резонансный режим работы предлагаемого ПИД-регулятора. В представленной статье проведен анализ настройки ПИД-регулятора на энергоэффективный резонансный режим с использованием квазиобратных связей, что позволит значительно упростить настройку системы управления электропривода на резонансный режим.

Ключевые слова: энергоэффективный режим, резонансный режим, PID-регулятор, квазиобратные связи, электромеханический резонанс, настройка PID-регулятора.

Одним из направлений разработки систем энерго- и ресурсосберегающего электропривода является исследование электромеханических систем с распределенными параметрами для последующего введения такой системы в энергоэффективный резонансный режим [1, 4] с целью снижения энергопотребления.

Исследование электромеханической системы горной машины работающей в резонансном режиме основывается на теории электроприводов с упругими связями. основоположниками теории электроприводов с упругими связями являются В.И. Ключев (Московский энергетический институт), Н.Г. Переслегин (Московский горный институт) и ряд других выдающихся ученых.

В настоящее время на кафедре «Автоматизированного электропривода» Московского энергетического института проводятся исследования по модернизации систем электроприводов с упругими связями на базе нечетких регуляторов, основные положения дан-

ных исследований представлены в работах [2, 3].

Преобразователи частоты, используемые для регулирования скорости органов резания и разрушения горных массивов содержат в своей структуре пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор), позволяющий конструировать различные структуры управления. В отличие от структур управления, рассмотренных в [1], предлагается значительно упростить систему управления на базе ПИД-регулятора. При этом большинство обратных связей переходят в квазиобратные связи за счет использования ПИД-регулятора.

Условия для настройки системы управления электроприводом с ПИД-регулятором на управляемый резонансный режим определены в [4]. Выявлено что настройка ПИД-регулятора по трем ее параметрам является избыточной, так как для управляемого резонансного режима достаточна настройка пропорциональной и диффе-

ренициальной части, либо настройка интегральной и дифференциальной части регулятора. Для определения настроек регулятора по различным вариантам для различного значения коэффициента динамичности $k_{д.рез}$ (основной показатель электромеханического резонанса) следует воспользоваться следующими выражениями:

Производим настройку регулятора по одному из вариантов настройки (Настройка пропорциональной и дифференциальной части ПИД-регулятора)

$$K_{д.рез} = \frac{\nu(1 + 2\pi T_{г.т})}{2\pi(1 + k_{ж.т} K_p)}$$

где $T_{г.т}$ – параметр постоянной времени гибкой обратной связи по току двигателя; $k_{ж.т}$ – параметр жесткой отрицательной обратной связи по току двигателя; K_p – коэффициент передачи пропорциональной части регулятора; ν – номер гармоники угловой частоты внешнего возмущающего воздействия; n – коэффициент затухания колебаний.

Для настройки PID-контроллеров необходимо провести исследование влияния параметра постоянной времени дифференциальной части от частоты возмущающих воздействий при различных гармониках (рис. 1). Ана-

Параметры системы управления электроприводом 1 варианте настройки на резонансный режим по первой гармонике

Частота возмущающих воздействий, с-1	T _{гт}	K _{жт}	K _п
14	0,177	2,478	-0,337
15	0,147	2,205	-0,388
16	0,123	1,968	-0,444
17	0,102	1,734	-0,512
18	0,085	1,53	-0,588
19	0,071	1,349	-0,675
20	0,059	1,18	-0,778
21	0,048	1,008	-0,919
22	0,039	0,858	-1,087
23	0,031	0,713	-1,316
24	0,024	0,576	-1,638
25	0,018	0,45	-2,106
26	0,012	0,312	-3,052
27	0,00736	0,19872	-4,808
28	0,00299	0,08372	-11,45
29	-0,00094	-0,02726	35,267
30	-0,00449	-0,1347	7,156
31	-0,00769	-0,23839	4,053

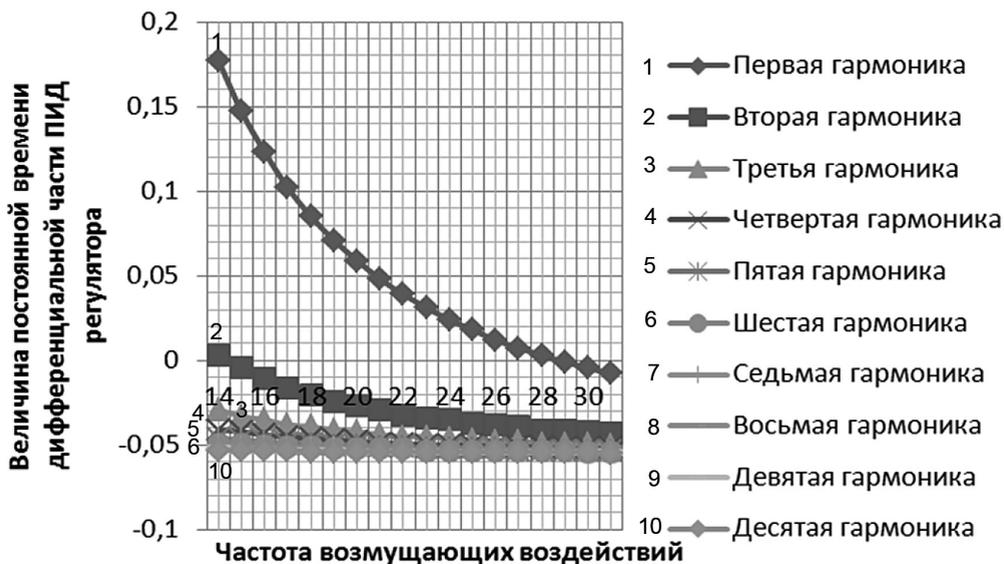


Рис. 1. Зависимость параметра постоянной времени дифференциальной части ПИД регулятора от частоты возмущающих воздействий при настройке на электро-механических резонанс

лиз графических зависимостей позволяет сделать заключение об отсутствии возможности настройки регуля-

тора на резонансную частоту (кроме первой гармоники) т.к. при различных частотах возмущающего воздейст-

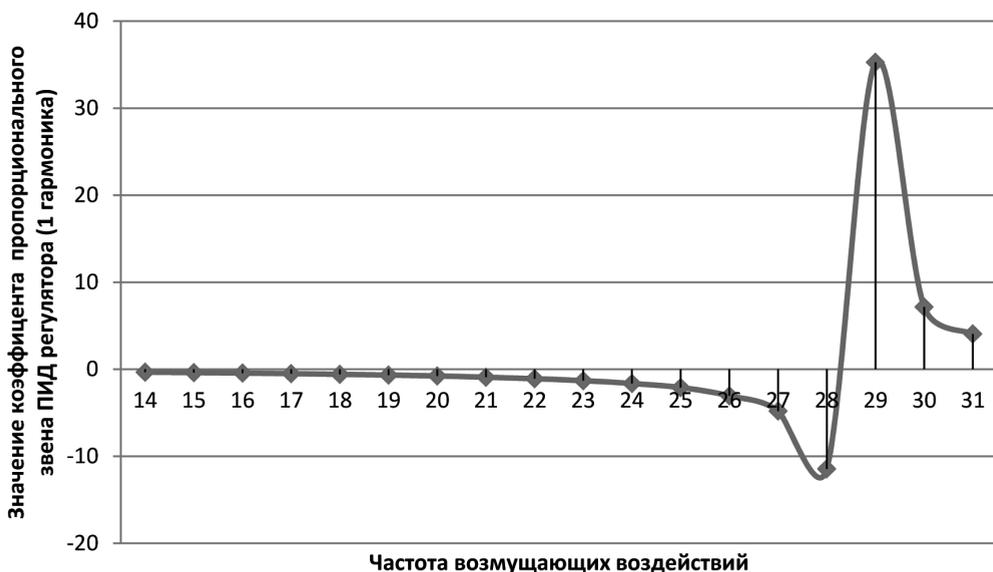


Рис. 2. Зависимость параметра постоянной времени пропорциональной части ПИД регулятора от частоты возмущающих воздействий при настройке на электро-механический резонанс (1 гармоника)

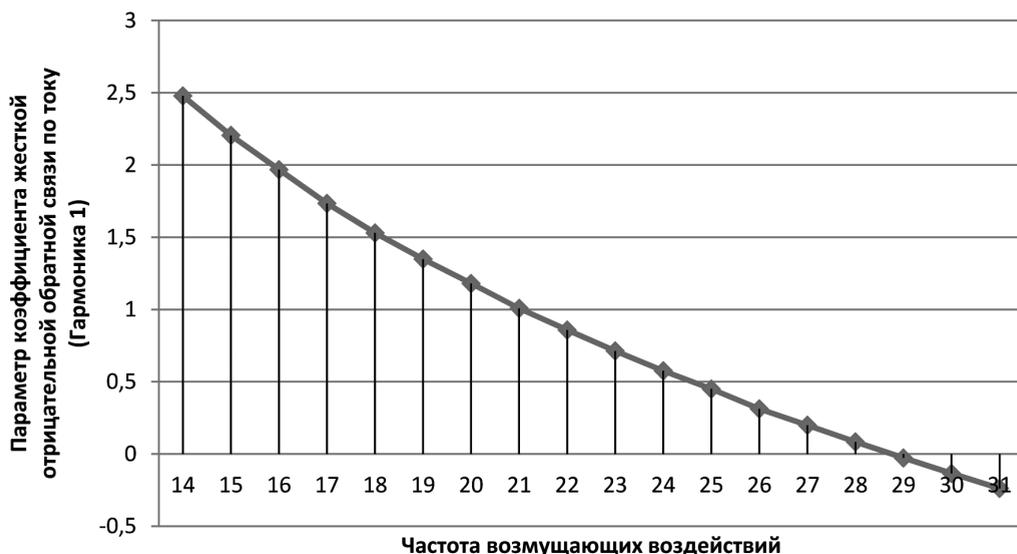


Рис. 3. Зависимость параметра коэффициента жесткой отрицательной обратной связи по току от частоты возмущающих воздействий при настройке на электромеханический резонанс (1 гармоника)

вия от 15 до 30 с⁻¹, величина постоянной времени дифференциальной части PID-контроллера располагается в отрицательной части. Настройку регулятора на частоты возмущающего воздействия забоя ниже 15 с⁻¹, проводить нет необходимости т.к. при добыче полезного ископаемого такие частоты обычно отсутствуют.

В таблице представлены параметры системы управления электроприводом при настройке на энергоэффективный резонансный режим при 1 варианте настройки (Настройка пропорциональной и дифференциальной части ПИД-регулятора) по первой гармонике.

На рис. 2. представлена зависимость параметра постоянной времени пропорциональной части ПИД-регулятора от частоты возмущающих воздействий при настройке на электромеханический резонанс по 1 гармонике. Проведя анализ полученной

зависимости, следует отметить, что точка пересечения с осью является значением электромеханического резонанса для данного варианта настройки системы.

На рис. 3 представлена зависимость параметра коэффициента жесткой отрицательной обратной связи по току от частоты возмущающих воздействий при настройке на электромеханический резонанс (1 гармоника).

Представленные зависимости позволят произвести настройку системы управления электроприводом органов резанья горных машин на энергоэффективный резонансный режим.

В заключении следует отметить, что применение энергоэффективного резонансного режима работы системы электропривода ряда горных машин, позволит в значительной степени снизить себестоимость добычи полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом.

1. Фашиленко В.Н. Теория управляемого электромеханического резонанса. Часть 1: Монография. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 101 с.

2. Благодаров Д.А., Костин А.А., Резниковский А.М., Сафонов Ю.М., Черников С.Ю. Развитие систем управления электроприводами с упругими связями // Электротехника. – 2015. – № 1. – С. 26–29.

3. Благодаров Д.А., Озеров С.В., Сафонов Ю.М., Черников С.Ю. Совершенствование электропривода с нечетким регулятором

в системах с переменным моментом инерции / Электропривод и системы управления. Труды МЭИ. Вып. 688. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – С. 47–53.

4. Fashilenko V.N., Reshetnyak S.N. Energy efficient resonant mode of electromechanical system mining machines based on management structures with PID-controller / Сборник материалов XXIII международного научного симпозиума «Неделя горняка 2015». – М.: Издательский дом НИТУ «МИСиС», 2015. – С. 608–612. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Фашиленко Валерий Николаевич – доктор технических наук, профессор,
e-mail: vnf48@mail.ru,
Решетняк Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент,
e-mail: reshetniak@inbox.ru,
МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 622:621.31

CONFIGURATION OF THE PARAMETERS OF THE PID-CONTROLLER WITH ENERGY EFFICIENT RESONANT MODE OF OPERATION

Fashilenko V.N.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vnf48@mail.ru,
Reshetnyak S.N.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: reshetniak@inbox.ru,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

Development of an electromechanical resonance energy efficient mode of operation of mining machines which are used for the destruction of the mountain range is a very important scientific task. The solution to this scientific problem is to reduce the cost of works due to the reduction of power consumption of the mining machine. This mode is possible when the control systems of electric drives on the basis of modern converters with regulators. As a regulator controlled resonant mode of the proposed PID controller. In the present article the analysis of the tuning of PID controller for energy-efficient resonant mode using Quasi-inverse relationship that will allow us to significantly simplify the configuration of the control system of the actuator in a resonant mode.

Key words: energy-efficient mode, resonant mode, PID-controller, quasi-inverse relationship, electromechanical resonance, tuning of a PID-controller.

REFERENCES

1. Fashchilenko V.N. *Teoriya upravlyаемого elektromekhanicheskogo rezonansa*. Chast' 1: Monografiya (Theory of controlled Electromechanical resonance. Part 1: Monograph), Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 101 p.

2. Blagodarov D.A., Kostin A.A., Reznikovskiy A.M., Safonov Yu.M., Chernikov S.Yu. *Elektrotekhnika*. 2015, no 1, pp. 26–29.

3. Blagodarov D.A., Ozerov S.V., Safonov Yu.M., Chernikov S.Yu. *Elektroprivod i sistemy upravleniya*. *Trudy MEI*. Вып. 688 (Electric drive and control system. Works MEI. Vol. 688), Moscow, Izd-vo MEI, 2012, pp. 47–53.

4. Fashilenko V.N., Reshetnyak S.N. *Sbornik materialov XXIII mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma «Nedelya gornyaka 2015»* (Collection of materials of the XXIII international scientific Symposium «miner's Week 2015»), Moscow, Izdatel'skiy dom NITU «MISiS», 2015, pp. 608–612.

