УДК 621.3.07

А.В. ГРИГОРЬЕВ, к.т.н. (КузГТУ)
А.Я. ДАНИЛЬЧЕНКО студент 4-го курса гр. ЭАб-121 (КузГТУ)

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ

Разработкой способов ресурсосберегающего управления для электроприводов горных машин занималось много исследователей. Одни из последних работ по данной тематике - [1, 2]. В указанных работах доказана целесообразность применения для этой цели электропривода. Предложены различные подходы к вопросу ресурсосберегающего управления горными машинами. Предложенные регуляторы подтверждаются экспериментальными данными. Однако применение данных регуляторов для управления конусной дробилкой затруднено по причине сложности оценки требуемых параметров механической подсистемы. В данном докладе приведен один из вариантов ресурсосберегающего управления электроприводом конусной дробилки, отличающийся от известных минимальным набором требуемых параметров механической подсистемы.

Для моделирования нагрузки электропривода дробилки выполнен анализ литературных источников [4]. Из анализа видно, что нагрузка дробилки имеет стохастический характер с резкими изменениями +/- 50% от среднего значения. Для ограничения влияния нагрузки на долговечность дробилки и электропривода применяют различные методы: используют маховик, турбомуфты. Применение регулируемого электропривода для дробилок обусловлено возможностью энергосбережения, поскольку в зависимости от измельчаемого материала и конструкции дробилки частота вращения, при которой будет достигаться максимальный КПД, меняется, т.е. можно применить методы оптимизации для поиска такой частоты вращения рабочего органа дробилки, при которой удельное потребление электрической энергии будет меньше.

Недостатком маховика для ограничения пульсаций момента сопротивления является большая инерционность электропривода, что в случае попадания в дробилку металлических предметов может привести к поломке дробилки. В случае использования турбомуфты от поломки при попадании посторонних предметов дробилка защищена, но ограничение упругого момента трансмиссии при постоянных пульсациях момента сопротивления может привести к перегреву предохранителей турбомуфты, их расплавлению и стоку рабочей жидкости, после чего необходимо останавливать машину, сливать гидравлическую жидкость, устанавливать предохранители и заливать жидкость обратно.

Для сбережения ресурса дробилки и обеспечения ее защиты от попадания посторонних предметов можно использовать регулируемый электропривод. В этом случае можно отказаться от использования

турбомуфты и маховика. Помимо защитных функций можно использовать возможности регулируемого электропривода по энергосбережению.

Математическая модель механической подсистемы дробилки приведена ниже:

$$\begin{cases} J_1 \dfrac{d\omega_1}{dt} = M - M_{12} - \beta_{12}(\omega_1 - \omega_2), \\ J_2 \dfrac{d\omega_2}{dt} = M_{12} + \beta_{12}(\omega_1 - \omega_2) - M_C, \\ \dfrac{dM_{12}}{dt} = C_{12}(\omega_1 - \omega_2), \\ \dfrac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1, \\ \dfrac{d\varphi_2}{dt} = \omega_2, \end{cases}$$

где M_{12} – момент сил упругости, J_1, J_2 – моменты инерции первой и приведенный второй массы, T_1, T_2 – постоянные времени, определяющие скорости приближения к инвариантным многообразиям, M_{12}^* - заданный момент силы упругости, C_{12} – коэффициент упругости трансмиссии между первой и второй массами

На рис. 1 представлены результаты моделирования электропривода дробилки в неуправляемом режиме. На рис. 1 видно, что в неуправляемом режиме колебания момента сил упругости M_{12} достигают значения 1 кН*м.

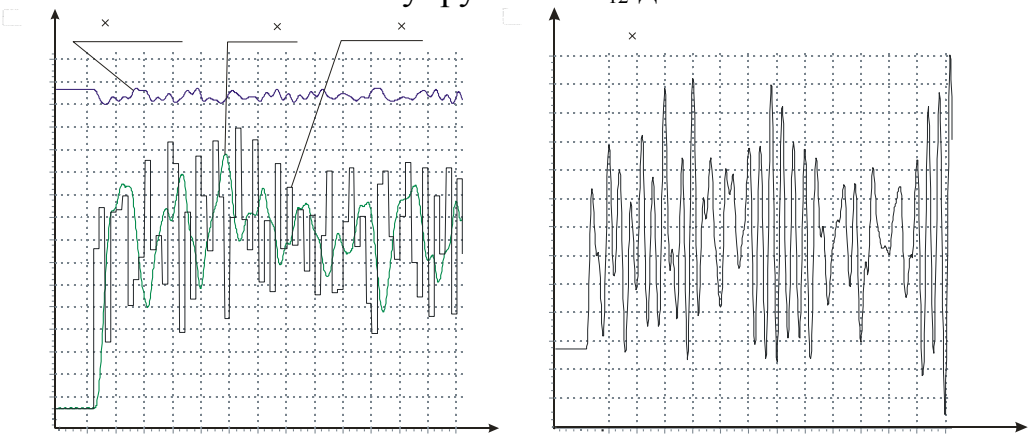

Рис. 1. Результаты моделирования электропривода конусной дробилки в неуправляемом режиме

Для снижения колебаний момента сил упругости (ресурсосберегающее управление) предлагается применить следующий регулятор:

$$M_{12}^{*\prime} = \begin{cases} M_{\max}, & (\omega_2^* - \omega_2) > 1, \\ -M_{\max}, & (\omega_2^* - \omega_2) < -1, \\ M_C, & |\omega_2^* - \omega_2| \le 1, \end{cases}$$

$$M_{12}^* = M_{12}^{*\prime} + \frac{1}{20\Delta T}\int (\omega_2^* - \omega_2)dt,$$

$$\omega_1^* = \frac{M_{12}^*}{C_{12}\Delta T} + \omega_2,$$

$$M^{*\prime} = \begin{cases} M_{\max}, & (\omega_1^* - \omega_1) > 1, \\ -M_{\max}, & (\omega_1^* - \omega_1) < -1, \\ M_C, & |\omega_1^* - \omega_1| \le 1, \end{cases}$$

$$M^* = M^{*\prime} + \frac{1}{20\Delta T}\int (\omega_1^* - \omega_1)dt.$$

где * – индекс, означающий заданное значение переменной; Mmax – максимально допустимое значение электромагнитного момента электродвигателя; ΔT – период пересчета управляющего воздействия.

Результаты моделирования электропривода дробилки у управляемом режиме приведены на рис. 2.

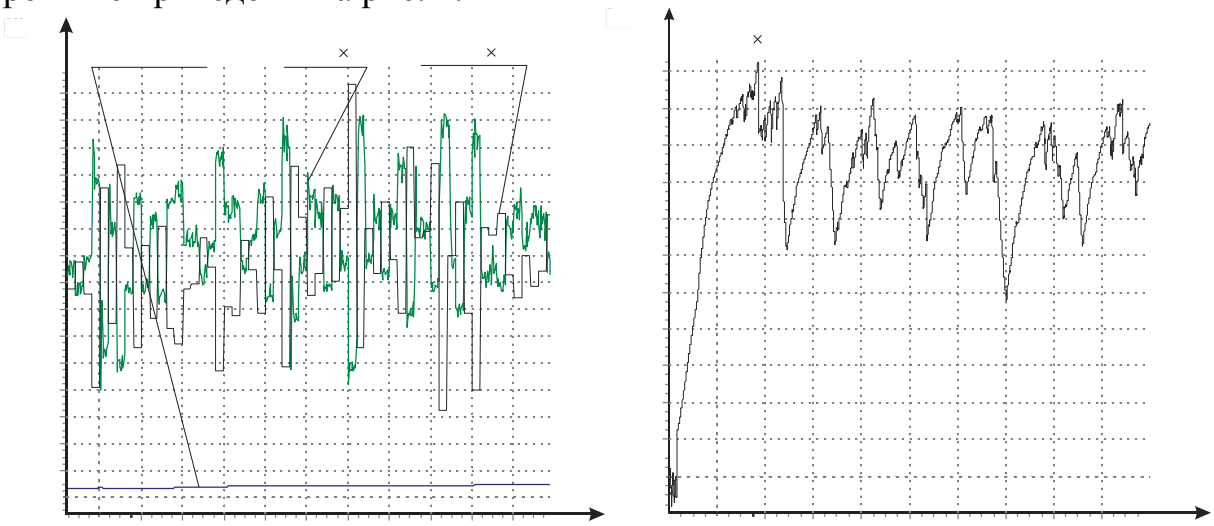

Рис. 2. Результаты моделирования электропривода дробилки в управляемом режиме

Исходя из результатов, приведенных на рис. 2, видно, что управление по предложенному алгоритму позволяет снизить амплитуду колебаний момента сил упругости со значения 1 кНм до значения 250 Нм и тем самым сберечь ресурс механической подсистемы дробилки.

Список литературы:

1. Завьялов В.М. Управление динамическим состоянием асинхронных электроприводов горных машин: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы». – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2009. – 327 с.
2. Семыкина И.Ю. Повышение ресурсо- и энергоэффективности горных машин средствами регулируемого электропривода: диссертация на

соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы». – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. – 312 с.
3. Quist, J. Cone crusher modeling and simulation [Электронный ресурс]: Master of Science Thesis / Chalmers University of Technology. – Sweden, Goteborg, 2012. – Report No. 1652-9243.