DOI: 10.17117/na.2016.03.03.103

Поступила (Received): 24.03.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.03.03.103.pdf>

Мальцев А.И.
**Математическое описание электромеханической
модели прокатного стана**

Maltsev A.I.
**The mathematical description of an
electromechanical model of the rolling mill**

В статье представлено математическое описание электромеханической системы прокатных станов. При этом механическая часть рассмотрена как двенадцатимассовая система. Модель реализована в математическом пакете MathCAD. В результате исследований показано, что при ударном приложении нагрузки в механических элементах главного привода с пропорциональным регулятором скорости возникают вибрации моментов, являющиеся следствием наличия упругих валопроводов между двигателем и рабочим валком. Получены переходные процессы характерного технологического режима для прокатной клетки, а именно, наброс/сброс нагрузки. Предложенную модель можно рекомендовать в целях исследования ударного приложения нагрузки на прокатных станах

Ключевые слова: электропривод, прокатный стан, ударное приложение нагрузки, математическое моделирование

Мальцев Анатолий Иванович

Кандидат технических наук, доцент
Электростальский политехнический институт
(филиал) Московского института стали и сплавов
г. Электросталь, ул. Первомайская, 7

The paper presents a mathematical description of the electromechanical system of rolling mills. In this mechanical part is considered as dvenadtsatimassovaya system. The model is implemented in the mathematical MathCAD package. As a result, studies have shown that when a shock load is applied to the mechanical elements of the main drive with proportional speed control having vibration moments which are the consequence of the presence of the elastic shaft lines between the engine and the work roll. Obtained transients characteristic of technological modes for the rolling stand, namely, impingement / load shedding. The proposed model can be recommended in order to study the shock load is applied to the rolling mills

Key words: electric, mill, impact load application, mathematical modeling

Maltsev Anatoly Ivanovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Elektrostal polytechnic institute (branch) of the
Moscow institute of steel and alloys
Elektrostal, Pervomayskaya st., 7

Большинство современного производственного оборудования составляют электроприводы механизмов с упругими передачами, которые называют упруго-массовыми системами. Особенностью такого рода объектов является взаимное влияние друг на друга механической и электрической составляющей устройства, т.е. упругие колебания в механической системе приводит к возникновению колебательных режимов в электроприводе, что существенно усложняет управление объектом.

Кинематическая и расчетная схемы электропривода

Работоспособность деталей и узлов электропривода прокатного стана существенно зависит от динамических нагрузок, возникающих от удара при захвате заготовки рабочими валками. Для исследования ударного приложения нагрузки рассматривается 12-массовая крутильно-упругая система (рис. 1, а, б).

Объект исследования – классический электропривод рабочей клетки прокатного стана (рис. 1, а) – представлен дискретной крутильно-колебательной 12-массовой системой, имеющей разветвленную структуру (рис. 1, б) для учета того факта, что моменты прокатки на верхнем и нижнем рабочих валках равны друг другу: $M_9 \approx M_{12}$.

Рис. 1. Кинематическая (а) и расчетная (б) схемы электропривода клетки:
 ЭД – электродвигатель; РД – редуктор; ШК – шестеренная клетка; РК – рабочая клетка; 1 – ротор; 2 – моторная муфта; 3 – быстроходный вал-шестерня; 4 – промежуточный вал-шестерня с зубчатым колесом; 5 – тихоходный вал с зубчатым колесом; 6 – коренная муфта; 7, 10 – верхний и нижний шестеренные валки; 8, 11 – верхний и нижний шпиндели; 9, 12 – верхний и нижний рабочие валки; $\omega_B, \omega_P, \omega_T$ – угловые скорости быстроходного, промежуточного и тихоходного валов

Дифференциальные уравнения затухающего крутильно-колебательного движения дискретной 12-массовой системы записаны на основании уравнения Лагранжа II рода:

$$\left\{ \begin{array}{ll} J_1 \ddot{\varphi}_1 + M_{1-2} = M_1 & M_{1-2} = C_{1-2}(\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{1-2}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - M_{1-2} + M_{2-3} = 0 & M_{2-3} = C_{2-3}(\varphi_2 - \varphi_3) + \beta_{2-3}(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 - M_{2-3} + M_{3-4} = 0 & M_{3-4} = C_{3-4}(\varphi_3 - \varphi_4) + \beta_{3-4}(\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) \\ J_4 \ddot{\varphi}_4 - M_{3-4} + M_{4-5} = 0 & M_{4-5} = C_{4-5}(\varphi_4 - \varphi_5) + \beta_{4-5}(\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_5) \\ J_5 \ddot{\varphi}_5 - M_{4-5} + M_{5-6} = 0 & M_{5-6} = C_{5-6}(\varphi_5 - \varphi_6) + \beta_{5-6}(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_6) \\ J_6 \ddot{\varphi}_6 - M_{5-6} + M_{6-7} = 0 & M_{6-7} = C_{6-7}(\varphi_6 - \varphi_7) + \beta_{6-7}(\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_7) \\ J_7 \ddot{\varphi}_7 - M_{6-7} + M_{7-8} + M_{7-10} = 0 & M_{7-8} = C_{7-8}(\varphi_7 - \varphi_8) + \beta_{7-8}(\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_8) \\ J_8 \ddot{\varphi}_8 - M_{7-8} + M_{8-9} = 0 & M_{8-9} = C_{8-9}(\varphi_8 - \varphi_9) + \beta_{8-9}(\dot{\varphi}_8 - \dot{\varphi}_9) \\ J_9 \ddot{\varphi}_9 - M_{8-9} = -M_9 & M_{7-10} = C_{7-10}(\varphi_7 - \varphi_{10}) + \beta_{7-10}(\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_{10}) \\ J_{10} \ddot{\varphi}_{10} - M_{7-10} + M_{10-11} = 0 & M_{10-11} = C_{10-11}(\varphi_{10} - \varphi_{11}) + \beta_{10-11}(\dot{\varphi}_{10} - \dot{\varphi}_{11}) \\ J_{11} \ddot{\varphi}_{11} - M_{10-11} + M_{11-12} = 0 & M_{11-12} = C_{11-12}(\varphi_{11} - \varphi_{12}) + \beta_{11-12}(\dot{\varphi}_{11} - \dot{\varphi}_{12}) \\ J_{12} \ddot{\varphi}_{12} - M_{11-12} = -M_{12} & \end{array} \right.$$

где $J_1, J_2, \dots, J_{12}$ – осевые моменты инерции масс; $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{12}$ – угловые координаты масс; $\dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dots, \dot{\varphi}_{12}$ – угловые скорости масс; $\ddot{\varphi}_1, \ddot{\varphi}_2, \dots, \ddot{\varphi}_{12}$ – угловые ускорения масс; $M_{1-2}, M_{2-3}, \dots, M_{8-9}, M_{7-10}, M_{10-11}, M_{11-12}$ – моменты внутренних сил упругости; $C_{1-2}, C_{2-3}, \dots, C_{8-9}, C_{7-10}, C_{10-11}, C_{11-12}$ – угловые жесткости упругих связей между массами; $\beta_{1-2}, \beta_{2-3}, \dots, \beta_{8-9}, \beta_{7-10}, \beta_{10-11}, \beta_{11-12}$ – демпферы.

Заключение

Работоспособность деталей и узлов электропривода прокатного стана существенно зависит от динамических нагрузок, возникающих от удара при захвате заготовки рабочими валками. Для исследования ударного приложения нагрузки рассматривается 12-массовая кинематическая и расчетная крутильно-упругая система электропривода стана ХПЛ 160

Список используемых источников:

1. Мальцев А.А. Обработка осциллограммы нагрузок вала шпинделя в рамках НИРС // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития. Тамбов. 2015. С. 112-115.
2. Мальцев А.А. Особенности вычисления осевых моментов инерции для деталей электропривода прокатного стана дуо-160 // Технические науки в мире: от теории к практике. Ростов-на-Дону. 2015. С. 18-24.
3. Мальцев А.А. НИРС на прокатном стане дуо-160. Вопросы образования и науки теоретический и методический аспекты. Тамбов. 2015. С. 66-68.
4. Мальцев А.А. Проблемы идентификации инерционно-упругих параметров динамической модели стана дуо-160 при выполнении НИРС // Наука, образование, общество проблемы и перспективы развития. Тамбов, 2015. С. 83-87.
5. Мальцев А.А. Построение крутильно-колебательной модели электропривода клетки прокатного стана // Наука и Мир. 2015. Т.1. № 9 (25). С. 47-49.
6. Колесников А.Г., Яковлев Р.А., Мальцев А.А. Технологическое оборудование прокатного производства. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 158 с.