DOI: 10.17117/na.2016.03.03.098

<http://ucom.ru/doc/na.2016.03.03.098.pdf>

Поступила (Received): 24.03.2016

Мальцев А.И. Аналитические выражения момента электропривода при прокатке

Maltsev A.I. Analytical expressions of the electric moment when rolling

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

Расчетная схема электромеханической системы привода показана на рис. 1, а структурная схема 12-и массовой системы на рис.2.

Рис. 1. Расчетная схема электропривода клетки: 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; ω_B , ω_{II} , ω_T – угловые скорости быстроходного, промежуточного и тихоходного валов

Рис. 2. Структурная схема 12-и массовой системы

Аналитические выражения для M_1

На основании требований, предъявляемых к электроприводу, производится выбор типа электродвигателя. Широкие пределы регулирования, большую перегрузочную способность, высокий КПД, минимальный маховый момент и высокую надежность имеют двигатели постоянного тока с независимым возбуждением. Поэтому для привода валков прокатных станков применяют в основном двигатели постоянного тока с независимым возбуждением типа МП, П, ПБК, ДПП.

Двигатель постоянного тока – электрическая машина, машина постоянного тока, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию.

Уравнение механической характеристики двигателя:

$$n_{ном} = \frac{U_{ном}}{C_e} - \frac{R_{я}}{C_e C_M} M_{ном}, \text{ об/мин}, \quad (1)$$

где номинальный момент двигателя

$$M_{ном} = \frac{9550 P_{ном}}{n_{ном}}, \text{ Нм}; \quad (2)$$

$$C_e = \frac{U_{ном} - R_{я} I_{ном}}{n_{ном}}, \text{ В/об/мин}; \quad (3)$$

$$C_M = K_M \varphi_{ном}, \quad (4)$$

при $\Phi = const$; $C_M = 9,55 C_e$, Нм/А;

где K_M – коэффициент, определяемый конструктивными параметрами двигателя.

Сопротивление якоря $R_{я}$ можно ориентировочно определить, приняв, что половина всех потерь в двигателе при номинальной нагрузке связана с потерями в меди якоря. Поэтому $I_{ном}^2 R_{я} \approx 0,5 (1 - \eta) I_{ном} U_{ном}$, отсюда

$$R_{я} \approx 0,5 (1 - \eta) \frac{U_{ном}}{I_{ном}}, \text{ Ом} \quad (5)$$

По этим данным строится естественная механическая характеристика (рис. 3).

Рис. 3. Естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока

Уравнения, описывающие работу электродвигателя в статическом режиме, имеют вид:

$$U = E + I R; \quad (6)$$

$$E = k \Phi \omega; \quad (7)$$

$$M = k \Phi I; \quad (8)$$

где $R = R_{\text{я}} + R_{\text{д}}$ – полное сопротивление цепи якоря, Ом; Φ – магнитный поток, Вб; U – подводимое к якорю напряжение, В; $k = \frac{p N}{2\pi a}$ – конструктивный коэффициент двигателя, где p – число пар полюсов, N – число активных проводников обмотки якоря, a – число параллельных ветвей обмотки якоря.

Рис. 4. Структурная схема электродвигателя постоянного тока

Для анализа динамических характеристик машины постоянного тока запишем систему уравнений, описывающих механические характеристики двигателя:

$$\begin{aligned} U_{\varepsilon} &= \frac{R_{\varepsilon} \Phi}{k_{\Phi}} (1 + T_{\varepsilon} p), \\ U_{\partial} &= R_{\text{я}} (1 + T_{\text{я}} p) i_{\text{я}} + k \Phi \omega, \\ M &= k \Phi i_{\text{я}}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $T_{\varepsilon} = \frac{L_{\varepsilon}}{R_{\varepsilon}}$ – электромагнитная постоянная времени обмотки возбуждения; $T_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}$ электромагнитная постоянная времени цепи якоря; $k_{\Phi} = \frac{\Phi}{i_{\varepsilon}}$ – коэффициент, соответствующий линейной части кривой намагничивания двигателя.

Заключение

Разработанная модель позволяет проводить теоретические исследования, в том числе изменение координат электромеханической системы главного электропривода стана в динамических режимах работы. Выполнять моделирование аварийных ситуаций, время от времени, возникающих при захвате металла валками на стане, с целью разработки мероприятий по ликвидации причин их возникновения.

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.