

Борисенко В.Ф., Сидоров В.А., Бажутин Д.В., Бутенко М.П. (ДонНТУ, г. Донецк,
Украина)

Тел./Факс: +38(062)3010-335, E-mail: borissenko.vp@gmail.com

Аннотация: В данной работе авторы представляют вопрос о поведении электро-механических систем, оснащенных частотно-регулируемым электроприводом с векторным управлением

Ключевые слова: динамика, машин переменного тока, основной подъемник разливочного крана

Состояние вопроса. В настоящее время отмечается плохое состояние механизма главного подъема разливочного крана, выражающееся в том, что значительно завышены показатели виброускорений в контрольных точках, в шумах редукторов содержатся стуки низкой тональности, в соединительных муфтах присутствуют удары.

Цель и задачи исследования. Основной задачей является создание модели электро-механической системы главного подъема разливочного крана, учитывающей закон управления приводом, упругие свойства кинематических звеньев трансмиссии и барабана.

В качестве цели исследования предполагается определение нагрузок в упругих элементах и характера изменения частот вращения приводных двигателей при отработке типовых диаграмм перемещения ковша.

Изложение материала. Кинематическая схема, приведенная на рис. 1, состоит из двух двигателей, расположенных на разных концах механизма. Каждый из двигателей имеет собственный редуктор, механически соединенный с барабаном. Сам барабан состоит из двух частей, скрепленных между собой вставкой и стянутых болтами. В расчетной схеме учитываются эластичные связи между двигателями, редукторами, барабаном, грузом, а также эластичность вставки [1,2]. На схеме также отмечены контрольные точки, в которых производится замер усилий.

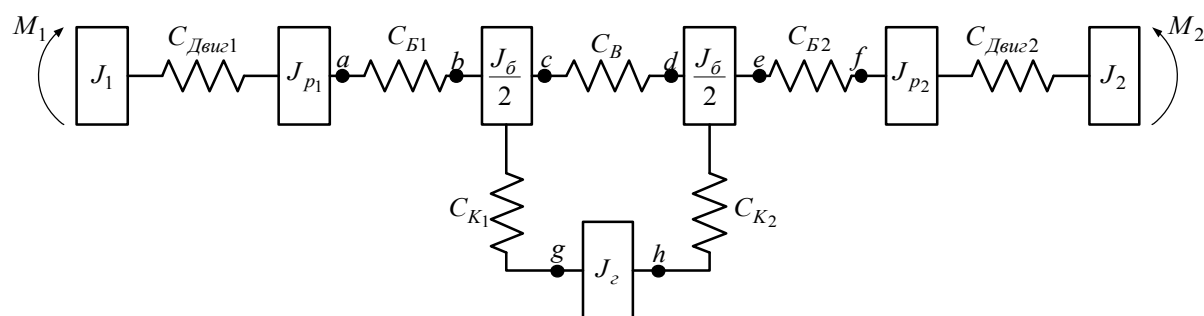


Рис. 1. Кинематическая схема механизма главного подъема разливочного крана

В качестве приводных двигателей используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в системе векторного управления. Создание модели приводных двигателей можно произвести с помощью преобразований Парка, которые позволяют получить математическое описание асинхронного двигателя в таком виде:

$$T_r \frac{dI_{mr}}{dt} + I_{mr} = I_{sd}, \quad (1)$$

$$I_{mr} = \frac{\Phi_r}{L_r}, \quad (2)$$

$$M_{эм} = \frac{3}{2} p L_r I_{sq} I_{mr}, \quad (3)$$

где T_r – постоянная времени ротора;
 I_{mr} – намагничивающий ток ротора, создающий роторный поток Φ_r ;
 L_r – роторная индуктивность;
 d, q – соответственно, оси вращающейся системы координат, которые ориентированы по направлению потока ротора Φ_r .

Уравнения модели Парка (1-3) показывают, что намагничивающий ток позволяет управлять потоком Φ_r , а активный ток I_{sq} – электромагнитным моментом двигателя $M_{эм}$.

Уравнения движения многомассовой системы учитывают упругие свойства звеньев $M_{упр}$, зависящие от угла скручивания вала, а также внутренние диссипативные силы $M_б$, зависящие от разности скоростей двух связанных общим валом масс. К примеру, для первой массы уравнение движения запишется в виде:

$$M_1 - C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - \beta(\omega_1 - \omega_2) = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = J_1 \frac{d^2\varphi_1}{dt^2}. \quad (4)$$

Структурная схема электромеханической системы главного подъема разливочного крана с учетом упругих связей между элементами, в состав которой входят модели приводных двигателей в системе векторного управления, позволяющая исследовать переходные процессы усилий в отдельных точках системы при отработке типовой тахограммы, приведена на рис. 2.

В реальных установках возможны случаи ухудшения болтового соединения промежуточной вставки, что может привести к изменению жесткости в сторону уменьшения $C_{Б1}$ или $C_{Б2}$. Это приводит к необходимости введения зазора с противоположной стороны барабана. Можно предположить, что при повороте барабана будет наблюдаться пошаговое изменение зазора. Особенно неблагоприятным будет случай, когда система в режиме «подъем» перейдет в режим «опускание» и наоборот. Ослабление затяжки болтов при отсутствии должного за ними контроля может привести к срезу болтов, что иногда имеет место на практике.

Разработанная модель позволяет уменьшать жесткость вставки до нуля, т.е. до разрыва связи между секторами барабана.

Ниже приведены расчетные зависимости частот вращения двигателей ω_1, ω_2 , упругих моментов в контрольных точках b, c и e при отработке типовой тахограммы механизма подъема (рис. 3-5).

Как видно из графиков, несимметрия жесткости в системе приводит к появлению упругого момента во вставке. Амплитуда колебаний этого момента увеличивается с ростом расхождения уровней жесткости. Кроме того, снижение жесткости вставки приводит к тому, что в спектре упругих моментов в контрольных точках появляются низкочастотные составляющие, что соответствует результатам контрольных измерений на реальной установке.

Интерес также представляет учет зазора в упругой связи барабана с одним из редукторов. Как уже было сказано, зазор вставляется с той стороны барабана, жесткость упругой связи которой с барабаном выше. Проведем моделирование системы при несимметричной жесткости системы, номинальном моменте нагрузки на валу двигателя и

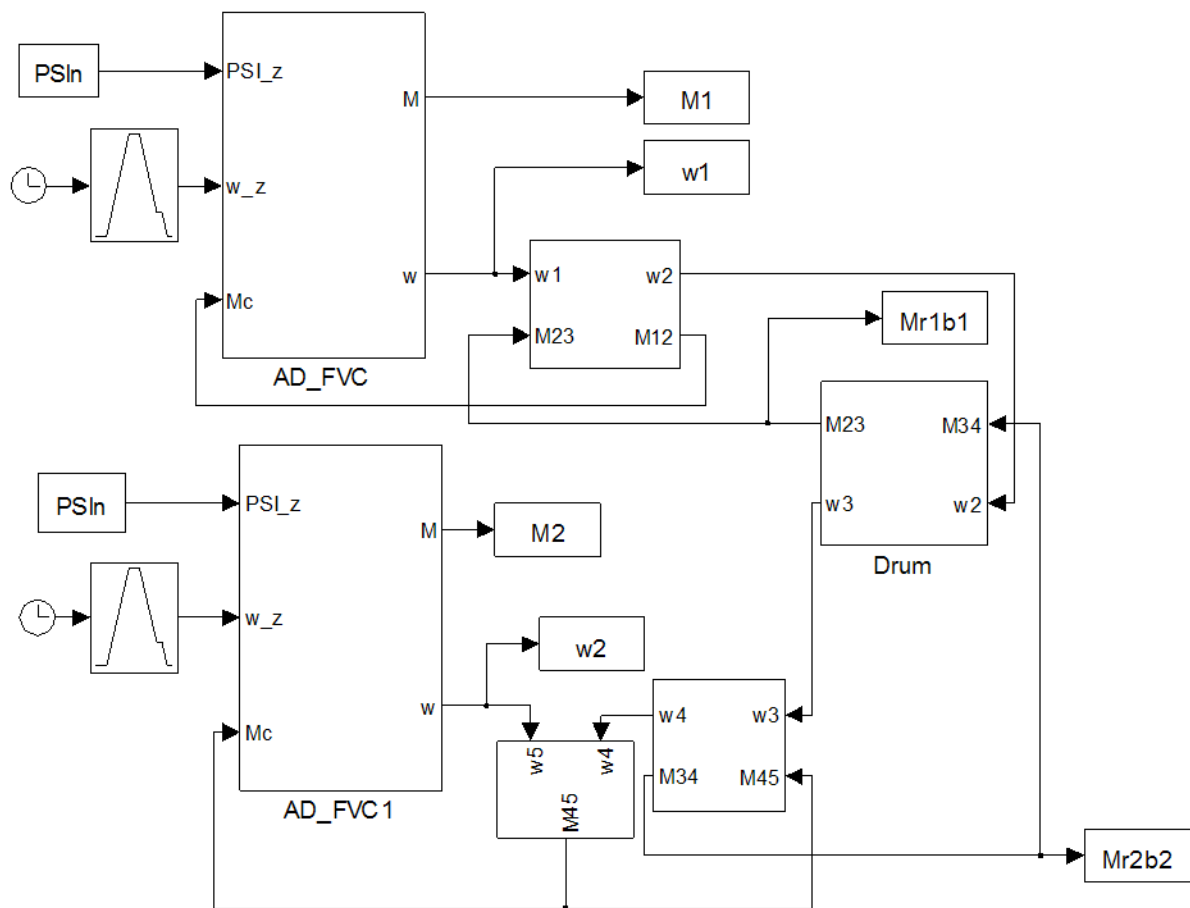


Рис. 2. Структурная схема исследуемой системы

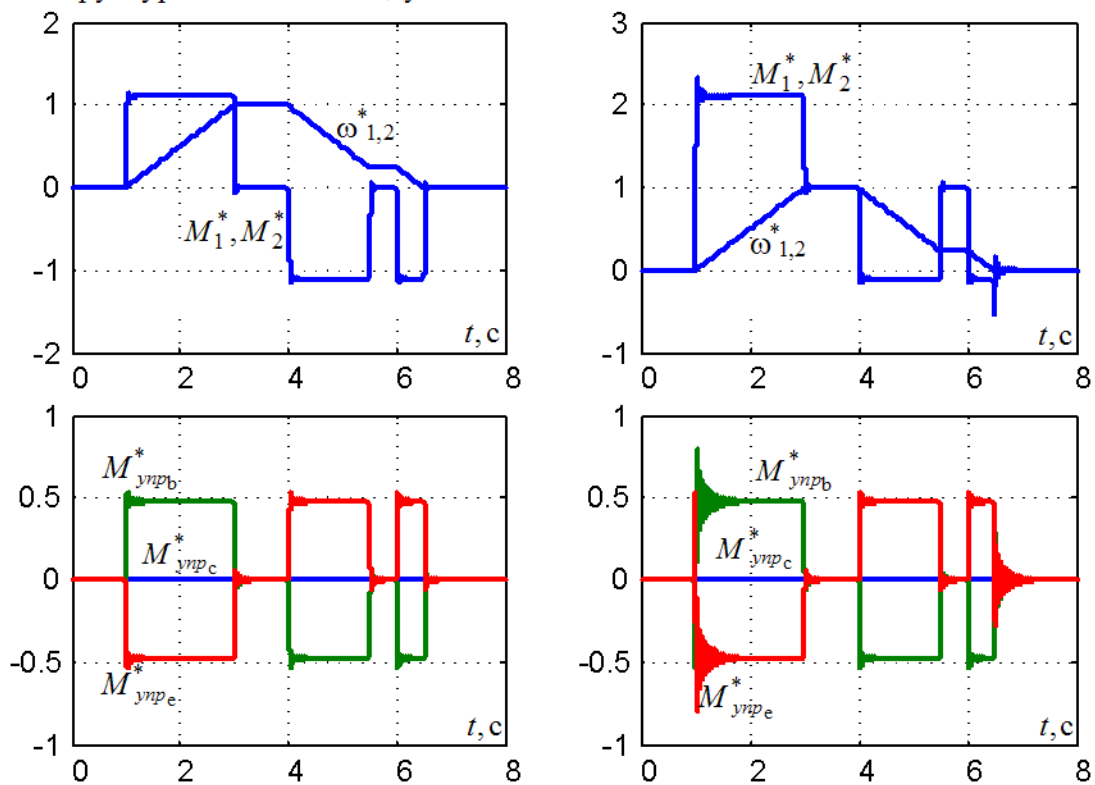


Рис. 3. Пуск системы при симметричных упругостях без нагрузки (слева) и при номинальной нагрузке на валу (справа)

зазоре величиной $\pm 0,05$ рад для нормальной и уменьшенной вчетверо жесткости вставки барабана. Результаты моделирования приведены на рис. 6.

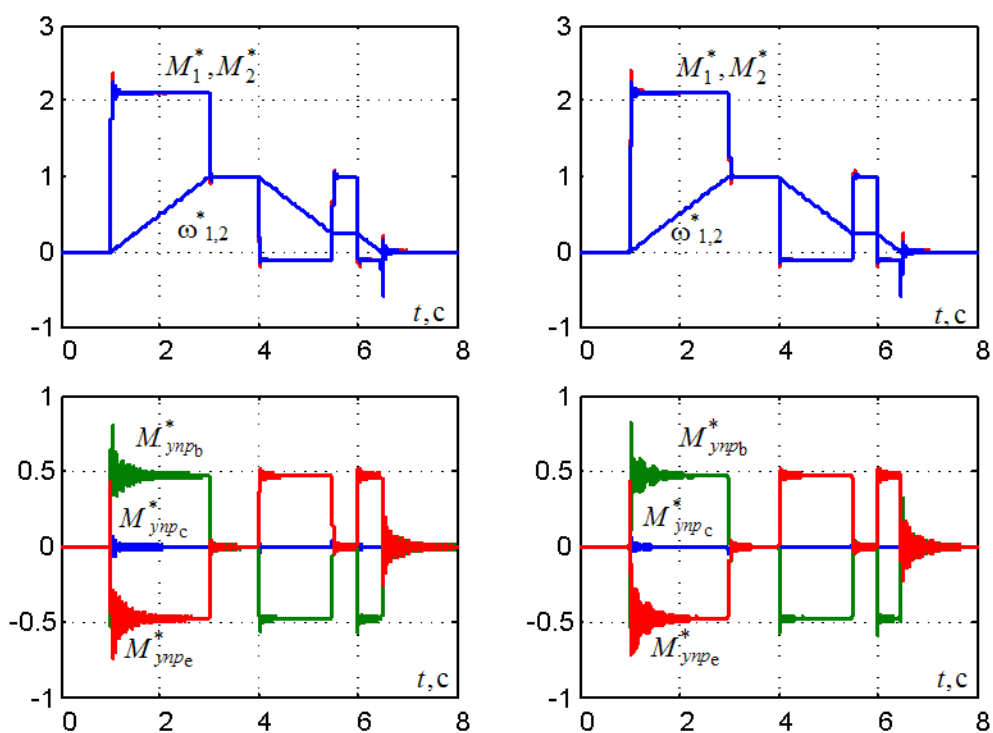


Рис. 4. Пуск системы при несимметрии жесткостей (слева) и уменьшении вдвое жесткости вставки (справа)

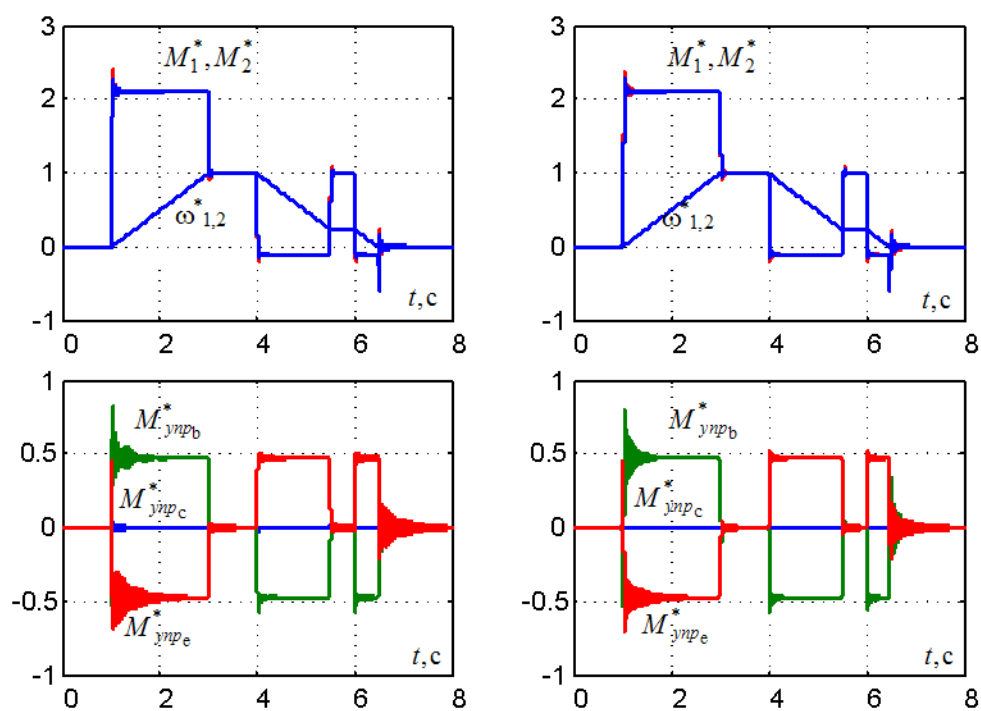


Рис. 5. Пуск системы при уменьшении жесткости вставки вчетверо (слева) и разрыве сегментов барабана (справа)

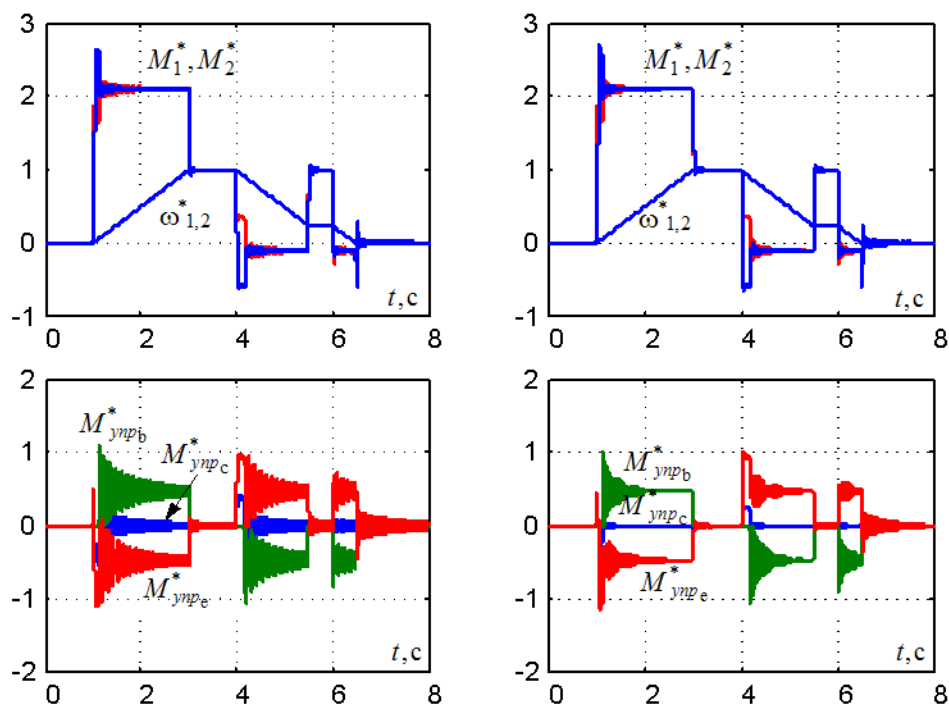


Рис. 6. Пуск системы с зазором при нормальной (слева) и уменьшенной вчетверо (справа) жесткости промежуточной вставки

Видим, что введение зазора увеличивает степень колебательности системы, причем существенно увеличивается и упругий момент промежуточной вставки, что значительно повышает вероятность среза болтов и выхода ее из строя.

Выводы. 1. Полученная модель позволяет достаточно точно измерять усилия в контрольных точках механизма при различных режимах работы, таким образом, исследуя степень влияния тех или иных отклонений на работу всей системы. **2.** Результаты моделирования показывают, что уменьшение жесткости промежуточной вставки уменьшает колебания упругого момента в ней за счет увеличения установившегося значения угла скручивания. **3.** Введение зазора в систему с одновременным отклонением от симметричности приводит к сильному усилению колебательных процессов в контрольных точках системы, что негативно сказывается на долговечности ее элементов.

Список литературы. 1. Электромеханические системы автоматизации стационарных установок // Под общей ред. Борисенко В.Ф., ДонНТУ, 2005. – 251 с. **2.** Электромеханические системы транспортирующих механизмов // Под общей ред. Борисенко В.Ф., изд. Вебер, 2007.- 301 с.

DYNAMICS OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS MAIN LIFT FILLING KRAN

Borisenko, VF, Sidorov VA, Bazhutin DV, Butenko, MP (Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine)

Abstract: In this paper the authors present the question of behavior of electromechanical system equipped with variable-frequency electric drive with vector control (two induction motors)

Keywords: dynamics, AC machines, main hoist of hot-metal crane

Надійшла до редколегії 23.06.2011 р.