

И. А. Орловский, Ю. С. Бут

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МОСТОВОГО КРАНА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОСТА БЕЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕБОРД КОЛЕС С РЕЛЬСАМИ

Для многокритериального управления взаимосвязанным многодвигательным электроприводом перемещения мостового крана, позволяющего обеспечить перемещение крана без касания ребордами рельсов, разработана структура регулятора общей обратной связи и получены аналитические выражения для расчета его параметров. Выполнено исследование разработанной системы методом математического моделирования.

Важнейшей проблемой современного краностроения является проектирование грузоподъемных машин, обеспечивающих максимальную производительность при минимуме энергопотребления. Решению этой проблемы способствует применение многодвигательного взаимосвязанного асинхронного привода перемещения мостового крана (АППМК), позволяющего индивидуально воздействовать на каждое колесо механизма передвижения моста. Основной причиной значительного расхода энергии, а, следовательно, и износа колес являются обусловленные технологическими факторами их взаимные перекосы, вызывающие практически постоянный контакт реборд с рельсами [1]. Задача предотвращения или снижения интенсивности износа тесно связана с задачей обеспечения прямолинейной или близкой к ней траектории движения крана, с высокой точностью, совпадающей с направлением рельсового пути.

Основными факторами, способствующими возникновению сил перекоса и поперечных реакций рельсового пути, являются: установочный перекося ходовых колес в горизонтальной плоскости; смещение грузовой тележки от середины пролета; перекося ходовых колес вследствие упругой деформации моста; различие характеристик приводных двигателей для кранов с раздельным приводом и разница в диаметрах приводных колес кранов [1].

По нашему мнению, снизить влияние нежелательных факторов можно, применив многодвигательный взаимосвязанный АППМК с индивидуальным управлением всех четырех колес. Для этого необходимо разработать структуру и найти параметры системы управления (СУ).

© Орловский И. А., Бут Ю. С., 2009

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Исследованию построения СУ взаимосвязанных ЭП кранов в научно-технической литературе посвящен ряд работ. В [2] рассмотрен метод синтеза регуляторов электромеханических систем на основе концепции обратной задачи динамики. Однако такой метод не разработан для систем, у которых порядок объекта управления выше трех. В [3] применяется экспоненциальный закон управления моментом, который изменяет соответствующим образом задание скорости, что позволяет снизить динамические нагрузки на асинхронный электропривод механизма поворота крана. В [4] по передаточным функциям получены области устойчивости нелинейной двухмассовой электромеханической системы, состоящей из асинхронного двигателя с управлением по напряжению и с внутренней обратной связью по скорости. В [5] предлагается использовать фаззи-регулятор для оптимального управления электроприводом механизма передвижения крана по быстродействию без раскачивания груза. В [6] предлагается использовать нелинейный ПИД-регулятор, коэффициенты и структура которого меняется в зависимости от векторной ошибки. В этой системе изменение управляющего сигнала формируется с учетом модуля и фазы векторной ошибки на каждом такте регулирования. В статье [7] предложена система подчиненного управления с внешним контуром угла поворота крана и внутренним контуром перемещения центра крана в направлении, поперечном основному движению. Недостатком этой системы является то, что движение моста крана осуществляется с заданным предварительно найденным углом поворота моста, непрерывным переключением моментов двигателей из-за использования релейного регулирования с большими коэффициентами усиления и ограничением выходных сигналов.

В работах [2–7] вопросы настройки параметров СУ взаимосвязанного асинхронного привода перемещения мостового крана с индивидуальным управлением всех четырех колес по критерию минимального взаимодействия реборд колес с рельсами при не точно известных внутренних параметрах крана и возмущающих воздействий не рассматривались.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Разработка структуры и методов расчета параметров СУ взаимосвязанного четырехдвигательного АППМК для обеспечения движения моста без взаимодействия реборд колес с рельсами с нулевым углом поворота при неточно известных внутренних параметрах крана и возмущающих воздействий.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ МОСТА КРАНА

Рассматривается движение четырехколесного мостового крана с цилиндрическими колесами, с разными углами установочного перекоса колес (рис. 1). В математической модели, подробно изложенной в статье [7], мост имеет три степени свободы: две поступательные и одну вращательную. Движение моста рассматривается в неподвижной системе координат «xy». В кинематической схеме моста крана, показанной на рис. 1, приняты следующие обозначения: P_i – движущая или тормозная сила, развиваемая i -м колесом, $i = 1, 2, 3, 4$ – номер колеса; W_i – сила сопротивления передвижению i -му колесу крана; β_i – угол установочного перекоса i -го колеса; m – масса крана; a – половина базы крана; b – расстояние от центра масс крана до колес (в рассматриваемой модели центр масс крана находится в центре моста); l – половина пролета крана; α – угол конструкции моста ($\alpha = \arctg(l/a)$); δ – допустимое отклонение колес по оси «x» до касания ребордами рельсов.

Движение крана без касания реборд рельсов осуществляется, если отклонение колес по оси «x» про-

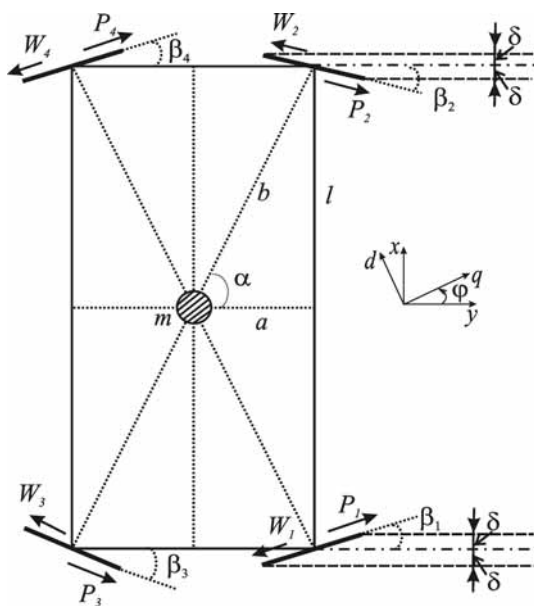


Рисунок 1 – Кинематическая схема моста крана

исходит в допустимом коридоре размером 2δ , показанном на рис. 1 штриховыми линиями.

В соответствии с классическими уравнениями механики, уравнения движения центра масс крана имеют вид [7]

$$\begin{cases} m\ddot{y} = \sum_{i=1}^4 (P_i - W_i) \cos(\beta_i + \varphi); \\ m\ddot{x} = \sum_{i=1}^4 (P_i - W_i) \sin(\beta_i + \varphi); \\ J\ddot{\varphi} = b(P_1 - W_1) \sin(\alpha + \beta_1) + b(P_2 - W_2) \sin(\beta_2 - \alpha) - \\ - b(P_3 - W_3) \sin(-\alpha + \beta_3) - b(P_4 - W_4) \sin(\alpha + \beta_4), \end{cases} \quad (1)$$

где x – перемещение центра моста крана по оси «x»; y – перемещение центра моста крана по оси «y»; φ – угол поворота моста крана; J – момент инерции крана относительно центра масс крана.

Силы P_i , развиваемые колесами, создаются через редукторы асинхронными двигателями (АД) с векторными СУ. С учетом этого, уравнения формирования сил P_i в операторном виде следующие [8]:

$$P_i = \left(\omega_{zi} - \left(\frac{k_c}{T_{\text{фс}} s + 1} \omega_i \right) \right) W_{\text{pc}} W_T \frac{3}{2} z k \Psi_{r(i)} \frac{k_p}{R_i}, \quad (2)$$

где ω_{zi} и ω_i – заданное и реальное значения угловой скорости i -го АД, соответственно; R_i – радиус i -го колеса; k_p – передаточное число редуктора; z – число пар полюсов АД; k – конструктивная постоянная АД; $\Psi_{r(i)}$ – модуль вектора потокосцепления ротора i -го АД; W_T – передаточная функция замкнутого контура регулирования активной проекций статорного тока АД; W_{pc} – передаточная функция регулятора скорости; k_c – коэффициент передачи датчика скорости; $T_{\text{фс}}$ – постоянная времени фильтра по скорости.

ОБЩАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СУ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО АППМК

Функциональная схема СУ взаимосвязанного АППМК представлена на рис. 2.

В схеме используются следующие обозначения: $РСi$ – регуляторы скорости; $КРTi$ – контуры регулирования токов АД i ; V_i – проекции линейных скоростей центров колес на плоскости колес; $ЗИ$ – задатчик интенсивности; V_{xi} – проекции линейных скоростей колес на ось «x»; x_i – поперечные смещения центров колес (отсчитываемые от средней линии рельса в направлении оси «x»).

Общая СУ включает в себя векторные СУ каждого АД и регулятор общей обратной связи (РООС). РООС состоит из трех блоков (рис. 2): блока идентификации параметров, блока коррекции движения по модели объекта, блока формирования требуемых

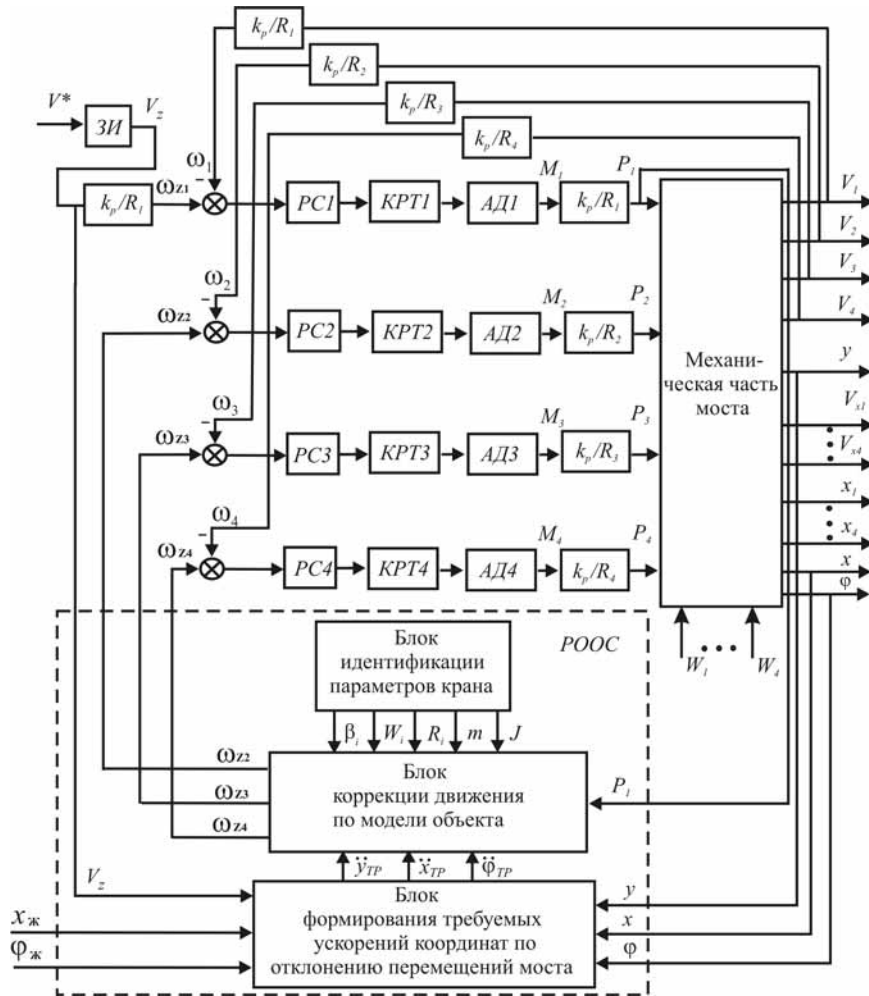


Рисунок 2 – Функциональная схема четырехдвигательного взаимосвязанного АППМК

ускорений координат по отклонению перемещений моста.

Задачей блока идентификации параметров является определение в процессе работы крана значений внутренних параметров АППМК и сил сопротивления колесам моста.

Блок коррекции движения по модели объекта вырабатывает сигналы коррекции заданий угловых скоростей индивидуальных ЭП в зависимости от значения силы P_1 – первого колеса и известных математических моделей АППМК и возмущающих воздействий.

Блок формирования требуемых ускорений координат по отклонению перемещений моста содержит регуляторы координат и обеспечивает выработку требуемых ускорений регулируемых координат.

В работе [9] теоретически исследована возможность (при полностью известной математической модели крана и возмущающих сил) обеспечения про-

дольного движения моста без касания ребрами колес рельсов при отсутствии угла поворота моста относительно заданного направления. На рассмотренных в статье примерах удалось получить очень высокую точность (до 10^{-13} м по « x » и $2,5 \cdot 10^{-3}$ рад по « ϕ ») регулирования перемещений по осям « x » и « y », и углу « ϕ » в течение 150 с со скоростью движения по оси « y » 2 м/с.

Достигнутая точность движения обеспечивается блоком коррекции движения по модели объекта, алгоритм работы которого следующий. Задание скорости моста V_z по оси « y » подается только на ЭП первого двигателя, который создает вращающий момент M_1 и, следовательно, силу P_1 первого колеса. Управление тремя другими двигателями осуществляется так, чтобы на приводимых в движение ими колесах создавались силы P_2, P_3, P_4 , обеспечивающие решение следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{y}_{TP} = \sum_{i=1}^4 (P_i - W_i) \cos(\beta_i + \varphi); \\ m\ddot{x}_{TP} = \sum_{i=1}^4 (P_i - W_i) \sin(\beta_i + \varphi); \\ J\ddot{\varphi}_{TP} = b(P_1 - W_1) \sin(\alpha + \beta_1) + b(P_2 - W_2) \sin(\beta_2 - \alpha) - \\ - b(P_3 - W_3) \sin(-\alpha + \beta_3) - b(P_4 - W_4) \sin(\alpha + \beta_4), \end{cases} \quad (3)$$

где \ddot{y}_{TP} , \ddot{x}_{TP} , $\ddot{\varphi}_{TP}$ – требуемые значения ускорений по осям « x » и « y » и углу « φ », соответственно.

Для упрощения записи решения системы (3) примем следующие обозначения:

$$\begin{cases} A = m\ddot{y}_{TP}, B = m\ddot{x}_{TP}, C = J\ddot{\varphi}_{TP}, P_{11} = P_1 - W_1, \\ P_{22} = P_2 - W_2, P_{33} = P_3 - W_3, P_{44} = P_4 - W_4; \\ c_1 = \cos(\beta_1 + \varphi), c_2 = \cos(\beta_2 + \varphi), \\ c_3 = \cos(\beta_3 + \varphi), c_4 = \cos(\beta_4 + \varphi); \\ s_1 = \sin(\beta_1 + \varphi), s_2 = \sin(\beta_2 + \varphi), \\ s_3 = \sin(\beta_3 + \varphi), s_4 = \sin(\beta_4 + \varphi); \\ b_1 = b \sin(\alpha + \beta_1), b_2 = b \sin(-\alpha + \beta_2), \\ b_3 = (-b) \sin(-\alpha + \beta_3), b_4 = (-b) \sin(\alpha + \beta_4). \end{cases} \quad (4)$$

С учетом этих обозначений система (3) примет вид

$$\begin{cases} A - P_{11} \cdot c_1 = P_{22} \cdot c_2 + P_{33} \cdot c_3 + P_{44} \cdot c_4; \\ B - P_{11} \cdot s_1 = P_{22} \cdot s_2 + P_{33} \cdot s_3 + P_{44} \cdot s_4; \\ C - P_{11} \cdot b_1 = P_{22} \cdot b_2 + P_{33} \cdot b_3 + P_{44} \cdot b_4. \end{cases} \quad (5)$$

Система (5) состоит из линейных алгебраических уравнений и ее решение можно выполнить, используя правило Крамера. Из определителей системы (5)

$$\begin{cases} \Delta = \begin{vmatrix} c_2 & c_3 & c_4 \\ s_2 & s_3 & s_4 \\ b_2 & b_3 & b_4 \end{vmatrix}; & \Delta_2 = \begin{vmatrix} A - P_{11} \cdot c_1 & c_3 & c_4 \\ B - P_{11} \cdot s_1 & s_3 & s_4 \\ C - P_{11} \cdot b_1 & b_3 & b_4 \end{vmatrix}; \\ \Delta_3 = \begin{vmatrix} c_2 & A - P_{11} \cdot c_1 & c_4 \\ s_2 & B - P_{11} \cdot s_1 & s_4 \\ b_2 & C - P_{11} \cdot b_1 & b_4 \end{vmatrix}; & \Delta_4 = \begin{vmatrix} c_2 & c_3 & A - P_{11} \cdot c_1 \\ s_2 & s_3 & B - P_{11} \cdot s_1 \\ b_2 & b_3 & C - P_{11} \cdot b_1 \end{vmatrix} \end{cases} \quad (6)$$

находятся значения сил, развиваемые вторым, третьим и четвертым колесами в виде

$$\begin{cases} P_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{(A - P_{11}c_1)s_3b_4 + c_3s_4(C - P_{11}b_1) + c_4(B - P_{11}s_1)b_3 - c_4s_3(C - P_{11}b_1) - c_3(B - P_{11}s_1)b_4 - (A - P_{11}c_1)s_4b}{c_2s_3b_4 + c_3s_4b_2 + c_4s_2b_3 - c_4s_3b_2 - c_3s_2b_4 - c_2s_4b_3}; \\ P_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{c_2(B - P_{11}s_1)b_4 + (A - P_{11}c_1)s_4b_2 + c_4s_2(C - P_{11}b_1) - c_4(B - P_{11}s_1)b_2 - (A - P_{11}c_1)s_2b_4 - c_2s_4(C - P_{11}b_1)}{c_2s_3b_4 + c_3s_4b_2 + c_4s_2b_3 - c_4s_3b_2 - c_3s_2b_4 - c_2s_4b_3}; \\ P_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = \frac{c_2s_3(C - P_{11}b_1) + c_3(B - P_{11}s_1)b_2 + (A - P_{11}c_1)s_2b_3 - (A - P_{11}c_1)s_3b_2 - c_3s_2(C - P_{11}b_1) - c_2(B - P_{11}s_1)b_3}{c_2s_3b_4 + c_3s_4b_2 + c_4s_2b_3 - c_4s_3b_2 - c_3s_2b_4 - c_2s_4b_3}. \end{cases} \quad (7)$$

Для получения вычисленных значений сил P_2 , P_3 , P_4 , необходимо сформировать соответствующие им задания скорости двигателей. Эти задания, согласно уравнениям (2) (при отсутствии ограничений в регуляторах), находятся следующим образом:

$$\begin{cases} \omega_{z2} = \left(\left(P_2 \frac{R_2}{k_p} \frac{1}{\frac{3}{2} z k \Psi_{r(i)}} \frac{1}{W_T} \frac{1}{W_{pc}} \right) + \left(\frac{k_c}{T_{\varphi c} s + 1} \omega_2 \right) \right); \\ \omega_{z3} = \left(\left(P_3 \frac{R_3}{k_p} \frac{1}{\frac{3}{2} z k \Psi_{r(i)}} \frac{1}{W_T} \frac{1}{W_{pc}} \right) + \left(\frac{k_c}{T_{\varphi c} s + 1} \omega_3 \right) \right); \\ \omega_{z4} = \left(\left(P_4 \frac{R_4}{k_p} \frac{1}{\frac{3}{2} z k \Psi_{r(i)}} \frac{1}{W_T} \frac{1}{W_{pc}} \right) + \left(\frac{k_c}{T_{\varphi c} s + 1} \omega_4 \right) \right). \end{cases} \quad (8)$$

При наличии неточности параметров в модели крана и РООС, а также при наличии первоначальных смещений по « x » и « φ », необходимо обеспечивать требуемые значения ускорений \ddot{x}_{TP} и $\ddot{\varphi}_{TP}$ для перемещения моста без взаимодействия реборд колес с рельсами. Поэтому требуемые значения ускорений \ddot{y}_{TP} , \ddot{x}_{TP} , $\ddot{\varphi}_{TP}$ формируются с использованием измерения значений регулируемых координат блоком формирования требуемых ускорений координат по следующим формулам:

$$\begin{cases} \ddot{y}_{TP} = K_y(V_z - V); \\ \ddot{x}_{TP} = (x_{ж} - x)K_x + (\dot{x}_{ж} - \dot{x})K_{xv}; \\ \ddot{\varphi}_{TP} = (\varphi_{ж} - \varphi)K_{\varphi} + (\dot{\varphi}_{ж} - \dot{\varphi})K_{\varphi v}, \end{cases} \quad (9)$$

где K_y – коэффициент усиления ошибки скорости по координате « y »; K_x , K_{xv} – коэффициенты усиления ошибки, соответственно, положения и скорости по координате « x »; $x_{ж}$, $\dot{x}_{ж}$ – желаемые значения положения и скорости по координате « x »; K_{φ} , $K_{\varphi v}$ – коэффициенты усиления ошибки по углу поворота и угловой скорости поворота крана; $\varphi_{ж}$, $\dot{\varphi}_{ж}$ – желаемые значения угла поворота и угловой скорости поворота крана.

Предполагается, что на кране установлены ультразвуковые датчики для измерения положений колес относительно рельсов по оси « x », а также датчик, измеряющий угол поворота моста.

Во время движения крана происходит непрерывный пересчет требуемых значений ускорений регулируемых координат $\ddot{y}_{ТР}$, $\ddot{x}_{ТР}$, $\ddot{\phi}_{ТР}$ с использованием которых по уравнениям систем (4) и (7) вычисляются необходимые значения сил второго, третьего и четвертого приводных колес.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При моделировании АППМК в системе MATLAB были заданы следующие параметры реального мостового крана (грузоподъемностью 20/5 т): $m = 47200$ кг; $J = 2,21 \cdot 10^6$ кгм²; $l = 14,25$ м; $a = 2,5$ м; $b = 14,47$ м; $\alpha = 0,38$ рад; углы установочного перекося колес: $\beta_1 = 0,009$ рад, $\beta_2 = -0,005$ рад, $\beta_3 = -0,003$ рад, $\beta_4 = 0,003$ рад. Используются двигатели 4A132S6Y3 со следующими параметрами: $P_{д.н} = 5,5$ кВт, $U_{снф} = 220$ В, $I_{снф} = 10,4$ А, $\omega_n = 100,7$ с⁻¹, $M_n = 49,2$ Нм, $z = 3$, амплитуда номинального фазного потокоцепления ротора $\Psi_{rn} = 0,889$ Вб, $k_p = 14$. Задавались различные значения сил сопротивления колесам крана: $W_1 = 800$ Н, $W_2 = 640$ Н, $W_3 = 720$ Н, $W_4 = 880$ Н.

Для моделирования имеющих различия в радиусах колес изменялся радиус первого колеса на 10 % относительно радиусов других колес ($R_1 = 0,385$ м, $R_2 = R_3 = R_4 = 0,35$ м). Максимальное отклонение до взаимодействия реборд колес с рельсами по оси «x» составляет $\delta = 15$ мм. Моделирование АППМК выполнялось с фиксированным шагом 0,001 с. Задание скорости моста приведено на рис. 3.

Исследовались следующие условия работы модели крана:

1) параметры модели и силы сопротивления колесам точно известны, начальное смещение центра масс крана и угла поворота крана отсутствует, используется только блок коррекции движения по модели объекта;

2) параметры модели и силы сопротивления колесам точно известны, имеется начальное смещение центра масс крана и угла поворота крана, используется блок формирования требуемых ускорений координат;

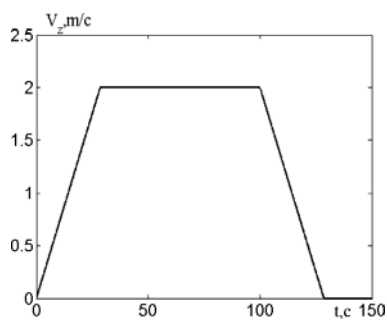


Рисунок 3 – Задание скорости моста

3) параметры модели и силы сопротивления колесам не точно известны, имеется начальное смещение центра масс крана и угла поворота крана, рассматривается источник энергии бесконечной мощности, используется блок коррекции движения по модели объекта;

4) параметры модели и силы сопротивления колесам не точно известны, имеется начальное смещение центра масс крана и угла поворота крана, рассматривается источник энергии бесконечной мощности, используются все блоки РООС;

5) параметры модели и силы сопротивления колесам не точно известны, имеется начальное смещение центра масс крана и угла поворота крана, рассматривается источник энергии конечной мощности, токи двигателей не превышают допустимые значения, используются все блоки РООС.

Значения коэффициентов регуляторов, найденных с помощью исследования на модели, имеют следующие значения: $K_y = 9440$, $K_x = 700$, $K_{xv} = 700$, $K_\phi = 700$, $K_{\phi v} = 700$. На рис. 4 и 5 представлены результаты моделирования движения крана. Различные условия работы модели крана представлены на рисунках отдельными столбцами, которые обозначены цифрами «1», «2», «3», «4», «5».

Для первого условия, при отсутствии начального смещения центра масс крана и угла поворота крана и использовании только блока коррекции движения по модели объекта (рис. 4, столбец 1) угол поворота моста в течение 150 с составляет $\phi = 2,6 \cdot 10^{-14}$ рад. Поперечные смещения центров колес составляют $0,7 \cdot 10^{-13}$ м. Линейная скорость центра масс крана по оси «y» достигает заданного значения 2 м/с.

Для второго условия, при наличии начального смещения центра масс крана 0,02 м и угла поворота крана 0,001 рад, использовании блока формирования требуемых ускорений координат (рис. 4, столбец 2) угол поворота моста составляет $\phi = 10^{-3}$ рад. Поперечные смещения центров колес находятся в пределах 0,015 м. Линейная скорость центра масс крана по оси «y» достигает заданного значения 2 м/с. При таком регулировании появляются отрицательные активные составляющие токов, следовательно, и отрицательные движущие (тормозные) силы.

Для третьего условия, при начальном смещении центра масс крана 0,02 м и начальном угле поворота моста 0,001 рад, для заданных параметров крана происходит значительный поворот моста и смещение центров колес, что приводит к взаимодействию реборд колес с рельсами (рис. 5, столбец 3). Линейная скорость центра масс крана по оси «y» достигает заданного значения 2 м/с.

Для четвертого условия (рис. 5, столбец 4), при начальном смещении центра масс крана 0,02 м и начальном угле поворота моста 0,001 рад, использовании всех блоков РООС, угол поворота моста

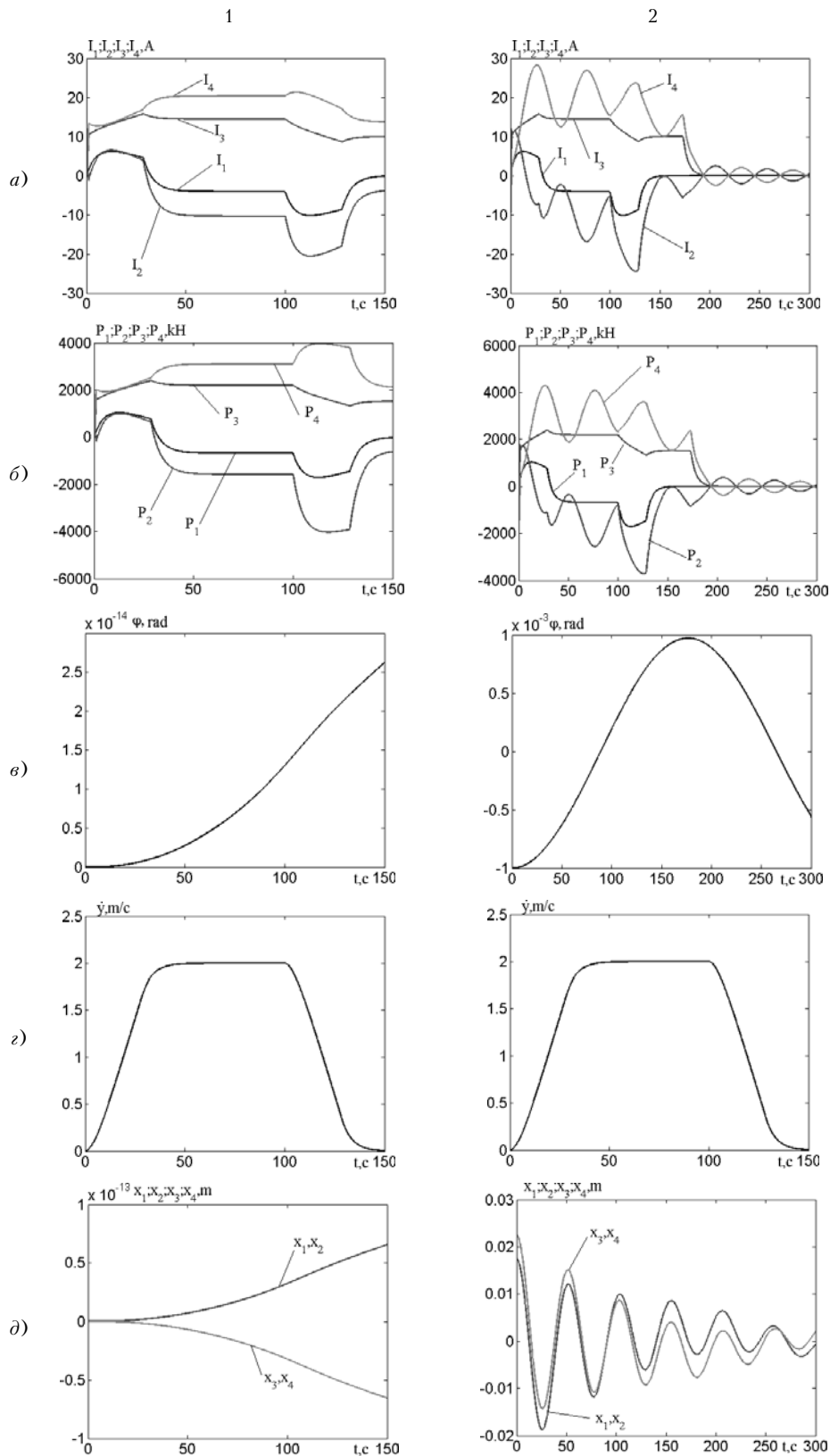


Рисунок 4 – Результаты моделирования движения крана при точно известных параметрах модели и сил сопротивления колесам:

a – активные составляющие токов двигателей; *б* – движущие или тормозные силы, развиваемые *i*-м колесом; *в* – угол изгиба моста в горизонтальной плоскости; *г* – линейная скорость центра масс крана по оси «*y*»; *д* – поперечные смещения центров колес от средней линии рельса

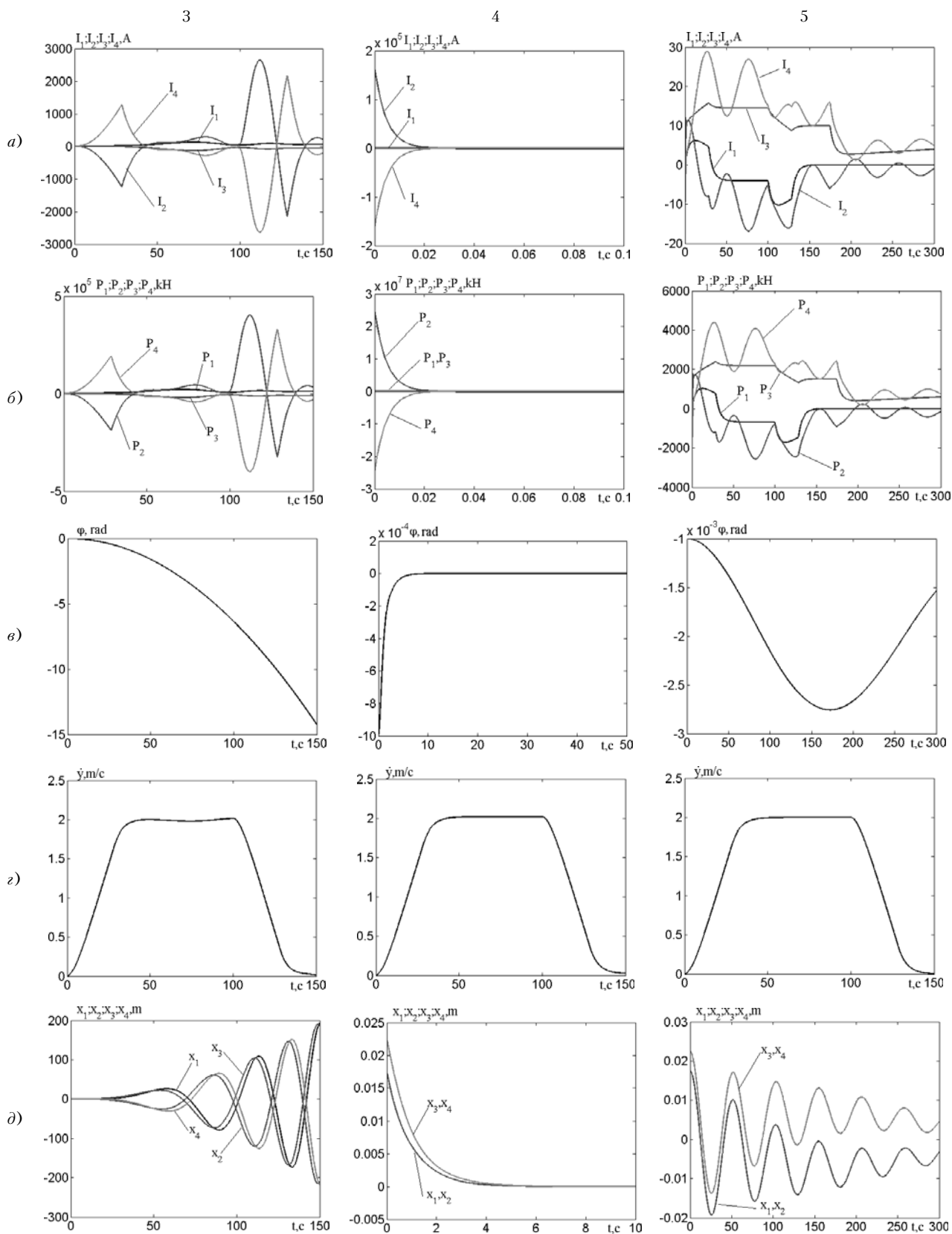


Рисунок 5 – Результати моделювання руху крана при не точно відомих параметрах моделі і сил опору колесам:

a – активні складові токів двигателів; *б* – движущіє или тормозные силы, развиваемые *i*-м колесом; *в* – угол изгиба моста в горизонтальной плоскости; *г* – линейная скорость центра масс крана по оси «*y*»; *д* – поперечные смещения центров колес от средней линии рельса

и поперечные смещения центров колес отсутствуют (менее 10^{-13} рад). Линейная скорость центра масс крана по оси «у» достигает заданного значения 2 м/с.

Для пятого условия, при начальном смещении центра масс крана 0,02 м и начальном угле поворота моста 0,001 рад, источнике энергии конечной мощности (токи двигателей не превышают допустимых значений) используются все блоки РООС (рис. 5, столбец 5). При этом угол поворота моста составляет $\varphi = 2,6 \cdot 10^{-3}$ рад, поперечные смещения центров колес находятся в пределах 0,015 м, линейная скорость центра масс крана по оси «у» достигает заданного значения 2 м/с, появляются отрицательные активные составляющие токов и, следовательно, отрицательные тормозные силы.

ВЫВОДЫ

1. Предложенная структура РООС и аналитические выражения для расчета его параметров позволили выполнить многокритериальное управление многодвигательным электроприводом перемещения мостового крана.

2. Результаты моделирования разработанной СУ взаимосвязанным асинхронным электроприводом мостового крана показали, что ее применение позволяет регулировать через векторные СУ АД поперечные смещения центров колес от средней линии рельса в пределах 15 мм при не точно известных внутренних параметрах крана, возмущающих воздействий, различных углах установочного перекоса колес, моментов сопротивления и изменении радиусов колес на 10 %.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов / Н. А. Лобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 160 с.
2. Островерхов М. Я. Метод синтезу регуляторів електромеханічних систем на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії руху / М. Я. Островерхов // Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика : вестник Харківського політехнічного університету. 2008. – Вып. 30. – С. 105–110. – (Серія «Електротехніка, електроніка і електропривод»).
3. Герасимьяк Р. П. Управление асинхронным электроприводом механизмов поворота, обеспечивающие снижение динамических нагрузок / Р. П. Герасимьяк, Е. В. Найденко // Проблеми автоматизованого

электропривода. Теория и практика Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика : вестник Харківського політехнічного університету. – 2008. – Вып. 30. – С. 111–112. – (Серія «Електротехніка, електроніка і електропривод»).

4. Герасимьяк Р. П. Электромеханическая система подъемных механизмов с замкнутым асинхронным электроприводом / Р. П. Герасимьяк, В. Х. Нгуен, В. А. Лещев // Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика : вестник Харківського політехнічного університету. – 2008. – Вып. 30. – С. 326–328. – (Серія «Електротехніка, електроніка і електропривод»).
5. Панкратов А. И. Оптимальное управление электроприводом механизма передвижения крана с учетом изменения длины каната / А. И. Панкратов, А. Ф. Залаятов // Проблеми автоматизованого електропривода : вестник Харківського політехнічного університету. – 2008. – Вып. 30. – С. 221–222. – (Серія «Електротехніка, електроніка і електропривод»).
6. Агамалов О. Н. Альтернативне нелінійне ПІД – управління з використанням векторної помилки [Текст] / О. Н. Агамалов, Н. П. Лукаш // Електротехніка. Електроніка. Електроніка. – 2008. – № 2. – С. 8–13.
7. Орловский И. А. Математическая модель взаимосвязанного электропривода перемещения мостового крана с общей системой управления / И. А. Орловский, Ю. С. Бут // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – Ч. 1. – Кременчук, 2008. – Вып. 4 (51). – С. 145–149.
8. Пивняк Г. Г. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией / Г. Г. Пивняк, А. В. Волков – Днепропетровск : Национ. горный университет, 2006. – 470 с.
9. Орловский И. А. Многокритериальное управление перемещением мостового крана из его математической модели / И. А. Орловский, Ю. С. Бут // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – Ч. 1. – Кременчук, 2009. – Вып. 4 (57). – С. 21–24.

Надійшла 27.04.2009
Після доробки 14.05.2009

Для багатокритеріального керування взаємозалежним багатодвигунним електроприводом переміщення мостового крана, що дозволяє забезпечити переміщення крана без торкання ребрами рейок, розроблена структура регулятора загального зворотного зв'язку й отримані аналітичні вирази для розрахунку його параметрів. Виконано дослідження розробленої системи методом математичного моделювання.

For multicriteria control of the interconnected multi-impellent electric drive of moving of the bridge crane, allowing to provide moving the crane without a contact with flanges of rails, the structure of a regulator of the general feedback is developed and analytical expressions for calculation of its parameters are received. Research of the developed system by a method of mathematical modeling is executed.