

КОМПЕНСАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО УСКОРЕНИЯ В ПОДЪЕМНЫХ КРАНАХ

М. К. Хаджинов, А. В. Пашук

Кафедра систем управления,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: kh_m@tut.by, aliaksandr.pashuk@gmail.com

В данном докладе рассмотрены вопросы построения модели подъемного крана, учитывающей влияние центробежного ускорения, возникающего при повороте стрелы, на колебания полезного груза.

ВВЕДЕНИЕ

В последние несколько лет, автоматизация подъемно-транспортных механизмов занимает все более важное место. Однако при работе подъемного крана, любая операция вызывает постоянно возникает раскачивание груза при любом перемещении крана. Нейтрализация возникающих колебаний является ключевой проблемой при необходимости увеличения производительности и эксплуатационных характеристик крановых установок. Колебания заметно увеличивают время технологического цикла, вызывают колебания момента и неравномерное движение крана, увеличивают нагрузку на элементы конструкции кранов, вызывают усиленный износ отдельных узлов, а в некоторых случаях могут вызвать опасность столкновения груза с объектами, расположенными вблизи транспортируемого объекта. Таким образом в случаях, когда требуется высокая надежность, точные траектории движения и положения груза демпфирование колебаний является ключевым вопросом.

Большое раскачивание груза легко устраняется опытным крановщиком, но современное развитие техники позволяет спроектировать систему, устраняющую раскачивание груза автоматически. Сегодня существует множество систем противораскачки полезного груза, позволяющих эффективно подавлять раскачивание груза.

I. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Сегодня существует множество способов демпфирования колебаний:

- управление, основанное на определении периода колебаний
- модальное управление
- шейпинг-регулирование
- управление, основанное на использовании интеллектуальных моделей ограничение среднего ускорения привода
- действия опытного машиниста и наличия системы плавного регулирования момента в диапазоне не менее 2:1
- ограничение темпа нарастания динамического момента

Ранее в [1] были рассмотрены вопросы реализации системы управления крановой электро-

механической системы оптимальной по быстродействию, основанные на вычислении периода колебаний груза системы управления с демпфированием колебаний. В [2] был произведен синтез системы управления подъемным краном с реализацией так называемых шейпинг-фильтров (формирующих фильтров).

Однако, стоит отметить, что любое управление, основанное на использовании модели объекта, в данном случае модели подъемного крана, не будет работать наилучшим образом при наличии существенных отличий между реальным объектом и его математической моделью. При рассмотрении различных способов управления подъемным поворотным краном одним из таких отличий является появление центробежных сил, возникающих при возникновении центробежного ускорения при повороте стрелы крана.

II. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДЪЕМНОГО КРАНА

Основной подвижной частью подъемного крана является тележка. Двухмассовая система маятникового типа, состоящая из тележки и гибкой подвески рабочего органа с грузом, представлена на рис. 1.

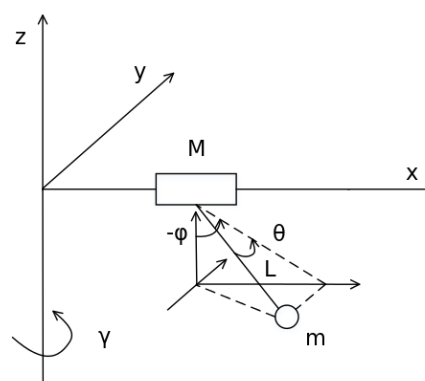


Рис. 1 – Двухмассовая система тележка-груз

Основные переменные, описывающие данный объект управления: L - длина троса; M - масса тележки; m - масса груза; ϕ - угол отклонения груза; x - расстояние от центра оси до точки подвеса груза; F - сила, действующая на тележку; F_L - сила, действующая на трос с грузом со

стороны электропривода подъема; θ - угол отклонения груза в перпендикулярной плоскости; γ - угловая скорость башни; J_0 - момент инерции башни по вертикальной оси; T - сила (момент), действующая на башню.

Для получения математического описания объекта управления целесообразно использовать уравнения Эйлера-Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta l}{\delta \dot{q}_i} \right) - \frac{\delta l}{\delta q_i} = F_i$$

Решив эти уравнения, легко определить, что математическая модель поворотного крана описывается приведенной ниже системой достаточно громоздких нелинейных уравнений системы управления. Однако при небольших величинах углов и незначительном изменении длины подвеса уравнения можно упростить:

$$\begin{cases} M \cdot \ddot{x} + m \cdot g \cdot \phi = F_x; \\ L \cdot \ddot{\phi} + g \cdot \phi - \ddot{x} + L \cdot \gamma \cdot \theta = 0; \\ (J_0 + M \cdot x^2) \cdot \ddot{\gamma} - m \cdot g \cdot x \cdot \theta = T_\gamma; \\ L \cdot \ddot{\theta} + g \cdot \theta + x \cdot \ddot{\gamma} - L \cdot \ddot{\gamma} \cdot \phi = 0. \end{cases}$$

Заменив угловые координаты ϕ и θ на линейные, получим модель, представленную на рис. 2.

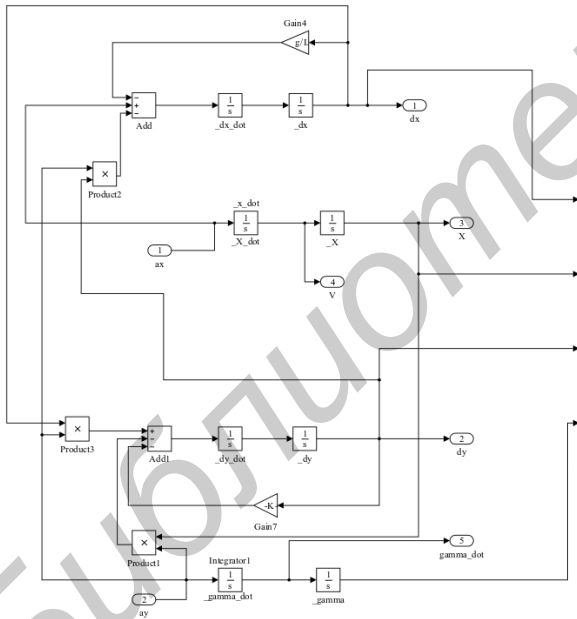


Рис. 2 – Модель башенного крана в пакете программ Matlab Simulink

Полученная нелинейная модель не учитывает колебания, которые возникают под влиянием

центростремительного ускорения при повороте башни. Для учета этих возмущений необходимо ввести дополнительные связи. Модель башенного крана, учитывающее дополнительное возмущение в виде колебаний, возникающих под воздействием центростремительного ускорения, представлена на рис. 3.

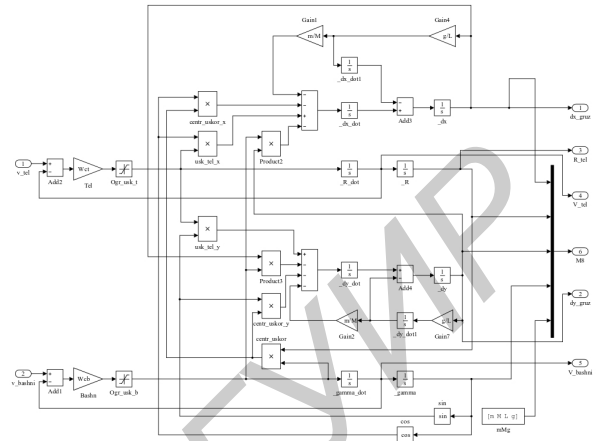


Рис. 3 – Модель башенного крана, учитывающая колебания от центростремительного ускорения в пакете программ Matlab Simulink

Результаты моделирования в системе с шейпинг-регулированием показаны на рис. 4.

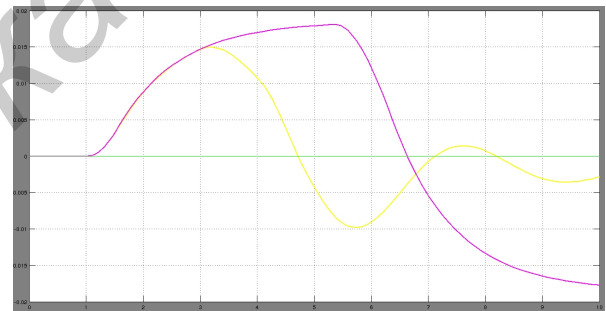


Рис. 4 – Колебания полезного груза в модели с шейпинг-фильтром с учетом центростремительного ускорения и без учета

1. Пашук, А. В. Демпфирование колебаний груза в крановых системах / А. В. Пашук, М. К. Хаджинов // 50-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – 2014. – С. 51.
2. Пашук, А. В. Микроконтроллерная система управления электроприводом подъемного крана / А. В. Пашук // Дипломный проект. – Минск : БГУИР. – 2014. – 95 с.
3. Omar, H. M. Control of gantry and tower cranes. PhD Dissertation. Virginia / H. M. Omar // Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. – 2003. – 201 p.