

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 65.011.56::[62-523+621.3.012.7+519.7:62-50+66.012-52]

Пашук
Александр Владимирович

Микропроцессорная система управления электроприводом
подъемного крана

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-53 80 01 «Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (по отраслям)»

Научный руководитель
Хаджинов Михаил Касьянович
канд. техн. наук, доцент

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

В современной промышленности большую долю среди всех подъёмно-транспортных механизмов занимают краны, на которые возложены разнообразные функции: транспортировка сырья, перемещение готовой продукции, монтаж и ремонт оборудования.

При исследовании и поиске способов лучшего управления грузоподъемными устройствами особого внимания заслуживают вопросы, связанные с устранением возникающих при перемещении и повороте кранов колебаний (подвешенного на канате груза, упругие колебания моста в мостовых или козловых кранах). В общем случае, если не принимать специальных мер, колебания затухают очень медленно, т.к. сопротивление воздуха очень мало, что приводит к уменьшению производительности и ухудшению 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.

При работе башенного крана постоянно возникает раскачивание груза при любом перемещении крана. Большое раскачивание груза легко устраняется опытным крановщиком, но современное развитие техники позволяет спроектировать систему, устраняющую раскачивание груза автоматически. Среди замкнутых систем управления чаще всего используются системы с использованием методов нечеткой логики. Главным недостатком всех решений является сложность получения различной дополнительной информации: данных о положении и скорости тележки, данных об угле отклонения подвеса от вертикали. Если информацию о положении и скорости тележки обычно можно получить из системы управления электроприводом тележки, то информацию об угле отклонения груза получить сложнее. Можно использовать датчик технического зрения, однако недостатками видеосистемы являются сложность обслуживания и высокая стоимость.

Проблему с отсутствием информации об угле отклонения, позволяют обойти системы управления без обратной связи по углу отклонения груза с шейпинг-фильтрами. Алгоритм работы шейпинг-фильтров основан на временном перераспределении силового воздействия на тележку на этапах разгона и торможения при сохранении неизменной величины суммарного воздействия. Однако существующие решения обладают рядом недостатков. При таком управлении могут возникнуть проблемы с физической реализацией, т.к. в большинстве фильтров не учитываются ограничения электроприводов.

Кроме этого, использование таких алгоритмов требует резкого изменения управляющего воздействия, что может негативно сказываться на силовой части установки.

В данной работе рассмотрены вопросы синтеза эффективных алгоритмов управления подъемно-транспортными механизмами с подавлением колебаний груза. Для этих целей было получены несколько математических моделей подъемно-транспортных механизмов. В том числе, была получена модель, учитывающая возможность наличия двух видов одновременного движения: тележки с грузом по стреле и поворота башни подъемного механизма. Получены системы управления, не требующие обратных связей и с использованием обратной связи по скорости электропривода. Ввиду того, что разомкнутая система управления не учитывает различий между моделью и объектом управления и не компенсируют внешние помехи, действующие на объект (например, ветровые возмущения), была получена замкнутая система управления, использующая сигнал датчика скорости электропривода. Для оценивания необходимых переменных в данной системе используются наблюдатели состояния.

Использование возможностей современной техники для реализации алгоритмов и методов подавления колебаний, возникающих в подъемно-транспортных механизмах, позволяет значительно увеличить производительность и повысить безопасность проводимых работ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель проводимого исследования заключается в разработке эффективных алгоритмов управления подъемно-транспортными механизмами с подавлением колебаний полезного груза без установки дополнительных датчиков.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- проведение анализа существующих систем управления с подавлением колебаний в области автоматизации крановых механизмов;
- разработка моделей подъемно-транспортных механизмов, позволяющих моделировать динамику их поведения;
- разработка алгоритмов управления с использованием и без использования сигнала обратной связи (разомкнутая и замкнутая системы управления);
- исследование свойств полученных алгоритмов в различных условиях.

Проведение исследований в области автоматизации подъемно-транспортных механизмов востребовано экономикой в связи с тем, что системы управления с подавлением колебаний довольно редко встречаются в

производстве. Также стоит отметить, что большая часть существующих решений требует установки дополнительных датчиков.

Автору работы принадлежит теоретическая разработка и исследование алгоритмов управления, а также составление программ и проведение математического моделирования.

Результаты, полученные в ходе исследования, были представлены на научно-технических конференциях (4 доклада, [1-А, 3-А, 4-А, 6-А]); была опубликована статья в рецензируемом научном журнале [2-А]. Также результаты исследования использовались в отчете о научно-исследовательской работе [5-А].

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе был произведен обзор существующих разработок в области управления подъемно-транспортными механизмами с подавлением колебаний груза.

Для проведения моделирования и проверки полученных теоретических разработок были получены модели подъемно-транспортных механизмов. Был проведен анализ динамики крановых механизмов с использованием полученных математических моделей. Также полученные модели использовались при расчете системы управления электроприводом.

Были получены замкнутая и разомкнутая системы управления. В первом случае, в основе регулятора используется упрощенная модель электропривода. Полученная система управления не требует установки дополнительных датчиков и может быть легко реализована программно. Во втором случае, алгоритм управления представляет собой наблюдатель состояния с встроенным модальным регулятором. В качестве сигнала обратной связи объекта используется датчик скорости электропривода. Такая система управления позволяет задавать необходимые формы переходных процессов и компенсирует внешние воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования получены математические модели различных подъемно-транспортных механизмов. Произведена разработка алгоритмов управления, позволяющих подавить колебания груза. Рассмотрены варианты системы управления без обратных связей и с обратной связью по скорости.

Проведенное исследование показало, что разработанные алгоритмы управления могут быть использованы в реальных установках подъемно-

транспортных механизмов, могут быть легко реализованы на элементной базе электроприводов.

На защиту выносятся следующие теоретические положения:

1 Предлагается использовать формирующий фильтр с модальным регулятором на базе упрощенной модели объекта управления для предотвращения колебаний груза, возникающих при его перемещении.

2 Для компенсации сил инерции предлагается использовать компенсирующие связи, позволяющие разделить управление электроприводами тележки и поворота башни на отдельные составляющие, что позволяет значительно упростить проектирование и реализацию алгоритмов управления. Анализ характеристик современных грузоподъемных механизмов показывает, что они достигли того уровня, при котором становится невозможным игнорировать данные силы.

3 Предлагается усовершенствовать систему управления с формирующим фильтром с использованием имеющихся датчиков. Предлагаемая система управления формируется на базе модели объекта управления со встроенными в нее регуляторами контуров оценивания и управления, а также дополнительным входом для оценивания и компенсации внешних возмущений. Предлагаемый алгоритм управления позволяет эффективно предотвращать колебания груза даже при наличии расхождений в значениях параметров модели и объекта.

На защиту выносятся следующие практические положения:

1 Разработанные алгоритмы управления позволяют эффективно подавлять колебания груза, возникающие в процессе его перемещения. Полученная замкнутая система управления также может подавлять колебания, связанные с внешним воздействием на объект управления.

2 Разработанный алгоритм управления с использованием сигнала обратной связи сохраняет работоспособность при несоответствии параметров объекта управления и модели.

3 Разработанная система управления обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими решениями:

– предложенное решение не требует расширения элементной базы. Для реализации могут быть использованы установленные микропроцессоры электроприводов;

– легко реализуется программно, может быть вложена в тренажер и использоваться для обучения крановщиков.

4 Применение разработанных алгоритмов управления в подъемных кранах приводит к следующим улучшениям:

– снижение требований к квалификации операторов подъемно-транспортных механизмов;

– уменьшение времени погрузочно-разгрузочных операций вследствие исключения времени на успокоение груза;

– снижение утомляемости крановщика вследствие исключения необходимости совершать дополнительные маневры и уделять повышенное внимание для слежения за грузом;

– повышение безопасности работы крана при транспортировке грузов вблизи препятствий.

Разработанные алгоритмы управления являются перспективными, т.к. могут внедряться в существующие системы управления подъемно-транспортными механизмами без дополнительных датчиков угла отклонения подвеса, которые в основном определяют сложность и недоступность других решений.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[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 : материалы научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 24–28 марта 2014 г. – 2014. – С.51.

[2] Пашук, А.В. Компенсация сил инерции грузоподъемных механизмов / А.В. Пашук, М.К. Хаджинов, О.А. Шведова // Доклады БГУИР. – 2015. – В печати.

[3] Пашук, А.В. Компенсация сил инерции, действующих на груз в башенных кранах / А.В. Пашук, М.К. Хаджинов // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов : материалы научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. – Минск, 2015. – С.36–37.

[4] Пашук, А.В. Компенсация сил инерции, действующих на груз в башенных кранах / А. В. Пашук, М. К. Хаджинов, О.А. Шведова // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015) : материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 28 октября 2015 г. – Information Technologies and Systems 2015 (ITS 2015) : Proceeding of The International Conference, BSUIR, Minsk, 28th October 2015 / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 76–77.

[5] Разработка эффективных алгоритмов и систем управления генерированием и потреблением электроэнергии в различных отраслях промышленности: отчет о НИР (заключ.) / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; рук. работы А.П. Кузнецов. – Минск, 2015. – №ГР 20143498.

[6] Хаджинов, М. К. Компенсация центробежного ускорения в подъемных кранах / М. К. Хаджинов, А. В. Пашук // Информационные технологии и

системы 2014 (ИТС 2014) : материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 29 октября 2014 г. – Information Technologies and Systems 2014 (ITS 2014) : Proceeding of The International Conference, BSUIR, Minsk, 29th October 2014 / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – С. 44–45.

Библиотека БГУИР