

# СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛЯТОРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ ПРИ ПОДАВЛЕНИИ КОЛЕБАНИЙ ПОДВЕСА

Хаджинов М. К., Павлова А. В., Стасевич Н. А.

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: {pavlova, stasevich}@bsuir.by

*Решается задача управления краном с целью подавления колебаний подвеса с грузом при перемещении электропривода грузовой тележки в горизонтальном направлении. Производится сравнение эффективности алгоритмов управления электроприводом при подавлении колебаний подвеса.*

## ВВЕДЕНИЕ

В простейшем случае движение груза и тележки описывается линейной двухмассовой моделью третьего порядка с переменными пространства состояний: скоростью тележки, скоростью груза и отклонением координаты груза от точки подвеса грузовой тележки [1]. Управление осуществляется через электропривод грузовой тележки, имеющий высокие динамические характеристики и полосу пропускания, во много раз превышающую частоту собственных колебаний подвеса груза. Ветровые возмущения приложены к грузу в виде дополнительного ускорения.

## 1. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Демпфирования колебаний подвеса и действия возмущений возможны в замкнутом контуре управления с дополнительными датчиками: скорости груза или отклонения груза. Сигналы эквивалентные дополнительным датчикам могут быть сформированы наблюдателем, привязанным к установленному на электроприводе датчику скорости тележки.

Сравним эффективность привода грузовой тележки на примере реализации следующих алгоритмов:

- с перенастройкой регулятора контура скорости;
- без перенастройки регулятора контура скорости с использованием стандартного ПИД-регулятора;
- с модальным регулятором контура оценивания модели крана.

В первом случае канал передачи возмущений от раскачивания груза на выход электропривода грузовой тележки может регулироваться изменением частоты среза контура скорости электропривода. Уменьшением частоты среза контура скорости электропривода и его способности удерживать грузовую тележку от колебаний можно достичь желаемого демпфирования колебаний подвеса с грузом [2].

Для сравнения эффективности рассмотрим алгоритм демпфирования колебаний подвеса крана от датчика скорости электропривода грузовой

тележки, как по управлению, так и по возмущению без перенастройки частота среза электропривода, т.е. со стандартным приводом грузовой тележки, к которому относится ПИД-регулятор.

Нули ПИД регулятора настраиваются на колебательные полюсы подвеса, подъём дифференциальной составляющей ПИД регулятора ограничиваем квадратом частоты колебаний подвеса. На рис. 1 представлены частотные характеристики ПИД-регулятора.

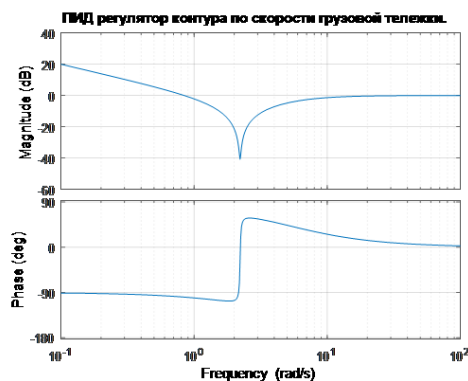


Рис. 1 – Частотные характеристики ПИД-регулятора

Для демпфирования колебаний по возмущению стандартным приводом грузовой тележки в регуляторе должна присутствовать модель крана, которая может привязываться к датчику скорости грузовой тележки. Частота крана и динамика подвеса остается неизменной, увеличим демпфирование подвеса парой полюсов.

При моделировании заданы следующие параметры крана, его нагрузка и настройки: длина подвеса массы на блоке –  $L = 2$  м, частота среза электропривода грузовой тележки –  $1000$  1/с, желаемый коэффициент демпфирования подвеса –  $0,75$ .

При моделировании учитывалось влияние соотношения между массой груза и массой тележки на динамику процессов по отклонению и возмущению.

При отношении массы груза к массе грузовой тележки равное 10, т.е. когда кран перегружен процессы представлены на рис. 2.

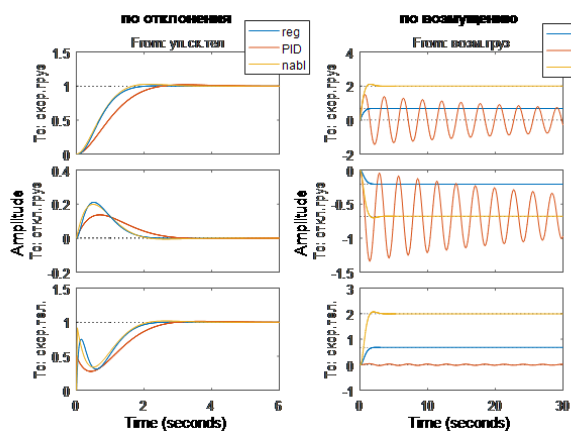


Рис. 2 – Графики процессов

При отношении массы груза к массе грузовой тележки равное 1, т.е. когда кран нормально нагружен, процессы представлены на рис. 3.

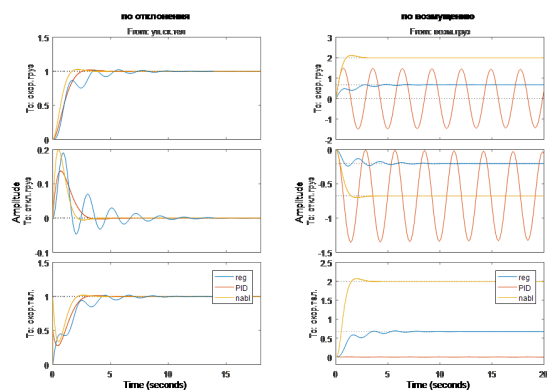


Рис. 3 – Графики процессов

При отношении массы груза к массе грузовой тележки равное 0,1, т.е. когда кран не нагружен, процессы представлены на рис. 4.

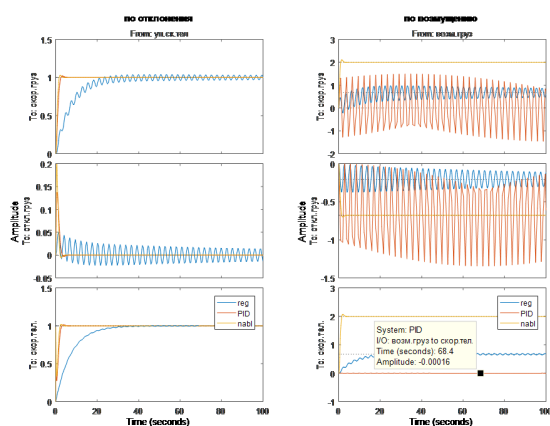


Рис. 4 – Графики процессов

При нормальной нагрузке крана перенастройка регулятора контура скорости обеспечива-

ет превосходное демпфирование колебаний подвеса груза как по управлению, так и по возмущению от ветровых нагрузок. При заниженной нагрузке крана перенастройка регулятора контура скорости обеспечивает в какой то степени приемлемое демпфирование колебаний подвеса груза как по управлению, так и по возмущению от ветровых нагрузок.

При нормальной и заниженной нагрузке крана регулятор обеспечивает превосходное демпфирование колебаний по управлению. Длительность процессов не превышает 3 с. По возмущению ситуация противоположная. Контур регулирования от датчика скорости электропривода ужесточают характеристики электропривода и ещё больше уменьшают его малые демпфирующие свойства.

При нормальной и заниженной нагрузке крана наблюдатель обеспечивает превосходное демпфирование колебаний по управлению и по возмущению. Также эффективно демпфируются колебания и не нагруженного подвеса.

## II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под термином «демпфирование колебаний подвеса груза» обычно понимают два разных физических явления сходных по практическому результату:

- процесс управления с не возбуждением свободных колебаний подвеса груза
- процесс подавления колебаний подвеса груза.

ПИД-регулятор с настройкой нулей на колебательные полюсы подвеса хотя успешно решает первую задачу, но одновременно, за счёт интегральной составляющей, всячески препятствует решению второй.

Таким образом, любые интегральные регуляторы в контуре от датчика скорости грузовой тележки или позиционный электропривод не приведут к системе подавления колебаний подвеса груза.

Перспективным представляется использование наблюдателя сигнала отклонения груза, позволяющего эффективно демпфировать колебания и не нагруженного подвеса.

1. Хаджинов, М. К. Система управления подъёмным краном на базе квазимодального регулятора с функцией подавления колебаний перемещаемого груза / М. К. Хаджинов, А. С. Шмарловский // Доклады БГУИР. – 2009. – № 7. – С. 38–43.
2. Хаджинов, М. К. Подавление колебаний подвеса крана настройкой регуляторов электропривода грузовой тележки / М. К. Хаджинов, А. В. Павлова, Н. А. Стасевич // Материалы международной научной конференции «Информационные технологии и системы» (ИТС 2022). – 2022.