

Управление и защита грузоподъемного крана с гашением раскачивания груза

Зарецкий Анатолий Абрамович, д.т.н., ЗАО «Машстройиндустрия»,
Каминский Леонид Станиславович, к.т.н., технический директор ООО НПП «ЭГО»,
Маш Дмитрий Матвеевич, к.т.н., ООО НПП «ЭГО»,
Пятницкий Игорь Андреевич, главный конструктор ООО НПП «ЭГО»,
Федоров Игорь Германович, к.т.н., директор ООО НПП «ЭГО»

Алгоритм системы защиты с ограничениями движений

Ограничения на безусловное проведение любых операций по перемещению груза могут быть вызваны не только наличием на предполагаемой трассе дополнительных препятствий, но и в случае недопустимых по условиям точности защиты значений силовых воздействий, ускорений, линейных скоростей. В этих условиях может оказаться необходимым поднять груз значительно выше необходимой отметки, чтобы уменьшить длину l и соответственно амплитуду раскачивания, уменьшить вылет и соответственно линейную скорость при повороте и амплитуду раскачивания. Поэтому алгоритм управления транспортированием может содержать предварительную установку параметров кранового оборудования на predetermined значения. Подобный алгоритм, естественно, является вспомогательным по отношению к алгоритму на рис. 12, который должен быть дополнен блоками сравнения параметров кранового оборудования с допустимыми значениями перед началом транспортирования. Следует лишь указать, что для обеспечения возможности введения указанных ограничений система защиты должна конструктивно содержать соответствующие управляющие органы, которые удобно совместить (равно как и алгоритм) с управлением подъемом груза.

Проведенный анализ свойств строительных кранов и разработку отдельных блоков алгоритмов позволяют сделать ряд выводов, направленных на дальнейшее совершенствование систем управления и защиты кранов.

1. Конструктивные особенности крана и его приводов, которые при определенных условиях перемещения груза могут вызывать сильные раскачивания последнего, вынуждают считать информацию о взаимном расположении груза и препятствия (или конечную точку доставки груза) как предупредительную для крановщика, который должен принимать самостоятельные решения по дальнейшему перемещению груза, или как предварительную ступень при автоматическом отключении механизмов.

2. Для обеспечения автоматической защиты крана и груза от столкновений с препятствием при заданной прозводительности крана должны быть применены на кране технические средства силового управления, обеспечивающие активные меры по снижению динамической погрешности системы (гашение колебаний груза).

3. В случае оснащения крана приводом с необходимыми характеристиками силового управления ряд разработанных блоков алгоритма (прежде всего разгон и торможение) защиты крана от столкновений могут быть осуществлены как элементы оптимального управления, снижающего динамические нагрузки на кран и повышающие безопасность и производительность работ.

4. Алгоритм защиты крана от столкновения с препятствиями не должен нарушать технологии ведения работ. Алгоритм должен содержать блоки для снижения статической и динамической погрешностей.

5. В качестве задатчика координат препятствия (или конечной точки доставки груза) предпочтительным является «программный» задатчик, реализуемый путем записи координат стрелы крана, установленной в заданное относительно препятствия положение. Такой задатчик в сравнении с физическим устройством более точен, так как использует при измерениях элементы метода сравнения.

6. Помимо нормирования допусков на положение препятствия, что определяется Правилами устройства и безопасной эксплуатации кранов, представляется необходимым для координатного способа защиты нормировать расстояния от оси поворотной платформы до плоскости препятствия, что существенно снизит статическую погрешность системы.

7. Поправочные данные к геометрическим формулам, определяющим взаимное положение груза и препятствия, целесообразно выразить в виде канонических зависимостей, коэффициенты которых определяются по отношению к каждому типу крана экспериментально. На основе экспериментальных исследований должен быть определен оптимальный закон изменения дискретных (импульсных) силовых воздействий как по уровню, так и по числу переключений для каждого типа крана.

4. Алгоритм управления и защиты грузоподъемного крана со снижением уровня раскачивания груза

Алгоритм предполагает такой способ управления и защиты грузоподъемного крана, при котором для снижения уровня раскачивания груза, вызванного инерционными силами в начале движения и при останове, предусмотрены [1]:

- создание режима и сигналов выбора допустимой скорости движения в зависимости от нагрузки на кран;
- создание режима и сигналов предварительного ограничения перемещения по результатам вычисления ограничений по факторам перегрузки и ограничения перемещений, а также по результату вычисления поправки к расстоянию в зависимости от периода раскачивания подвешенного груза;
- установка помимо датчиков, контролирующих положение подвижного оборудования и нагрузку крана дополнительного датчика длины каната и переключателя кратности полиспаста, сигналы которых используются для определения высоты подвеса груза и периода раскачивания подвешенного груза;
- вычисление по сигналам датчиков, контролирующих положение подвижного оборудования крана, инерционных показателей оборудования, фактических скоростей и ускорений оборудования при запуске и отключении приводов для определения моментов отключения и включения приводов механизмов и создания автоматического режима импульсного управления, зависящего от периода и фазы раскачивания подвешенного груза;
- создание режима логической обработки данных, объединения сигналов запуска и сигналов отключения приводов механизмов и подключения их к усилителям, включающим исполнительные механизмы.

Структурная схема варианта устройства управления [1], реализующего описанный способ (фиг.13), содержит группу датчиков, контролирующих положение оборудования крана: для стрелового самоходного крана с телескопической стрелой это датчик длины стрелы 1, угла наклона стрелы 2, угла поворота платформы 3. Для других кранов, например, для башенного крана - это соответственно датчик пути, угла наклона стрелы (или перемещения тележки) и угла поворота платформы, что не изменяет принципа работы устройства. Для контроля нагрузки на кран включен датчик нагрузки 4.

Датчики длины и угла наклона стрелы и нагрузки подключены к блоку ограничения нагрузки 5, образуя ограничитель грузоподъемности крана, а датчики длины и угла наклона стрелы и угла поворота платформы подключены к блоку ограничения перемещения 6, образуя систему координатной защиты.

Блок ограничения перемещения 6 подключен к входу блока предварительного ограничения 7, предназначенного для создания предварительного сигнала на заданном расстоянии до границы допустимого перемещения. К другому входу блока 7 подключен также блок ограничения нагрузки 5 для создания сигнала, предваряющего увеличение вылета (выдвижения тележки) при перегрузке.

Датчики длины и угла наклона стрелы и угла поворота платформы подключены также к входам блока вычисления инерционных показателей оборудования 8 и входам блока определения фактических скоростей оборудования 9, выход которого подключен к блоку вычисления ускорений 10.

Устройство дополнительно содержит датчик длины каната 11 и переключатель кратности полиспаста 12, подключенные соответственно к входам блока определения высоты подвеса груза 13, выход которого подключен к блоку определения периода раскачивания подвешенного груза 14. Блок 14 подключен к блоку задержек при начале движения оборудования крана 15 и к блоку задержек при останове оборудования крана 16. Кроме того, блок 14 подключен также к блоку вычисления поправки к расстоянию предварительного ограничения перемещения 17, выход которого подключен к входу блока предварительного ограничения 7.

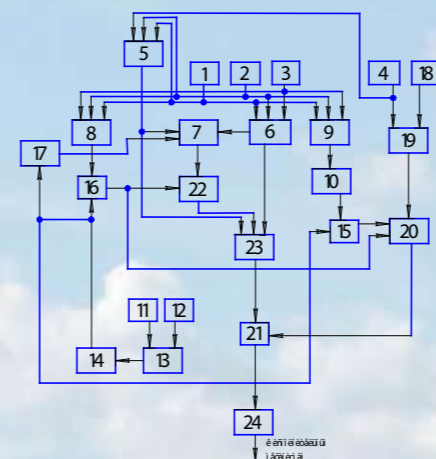


Рис. 13

Блок задержек 16 подключен ко входу блока временного отключения привода при торможении 22, к другому входу которого подключен блок предварительного ограничения 7.

При этом блок 22, блок ограничения нагрузки 5 и блок ограничения перемещения 6 подключены к логической схеме «ИЛИ-НЕ» 23. Выход схемы «ИЛИ-НЕ» и блок временного отключения привода при разгоне 20 подключены к входам логической схемы «И» 21, выход которой подклю-

чен блоку усилителей 24 для включения исполнительных механизмов крана.

Датчик нагрузки 4 подключен также к входу блока выбора допустимой скорости движения 19, ко второму входу которого подключен блок органов управления движениями 18. Блоки задержек 15 и 16 подключены к входам блока 20, к которому также подключен блок выбора допустимой скорости движения 19.

Устройство работает следующим образом. После подъема груза оператор через блок органов управления 18 дает команду на перемещение груза. При этом по сигналу датчика нагрузки 4 блоком выбора допустимой скорости движения 19 определяется указанная скорость по каждому из выбранных движений. Сигнал блока 19 поступает на вход блока временного отключения привода при разгоне 20, на другом входе которого запрещающий сигнал блока задержек при начале движения оборудования крана 15 отсутствует. Таким образом, сигнал блока 20 поступает на вход логической схемы «И» 21, запуская через блок усилителей 24 соответствующие приводы.

С началом движения сигналы датчиков положения оборудования 1, 2, 3 поступают в блок определения фактических скоростей оборудования 9, с выхода которого сигнал поступает в блок вычисления ускорений 10. Во время разгона, когда ускорение $a > 0$, канат отклоняется от вертикального положения в сторону, противоположную движению, а блок вычисления ускорений 10 не создает сигнала, запрещающего разгон.

В момент, когда ускорение становится равным 0 ($a = 0$), блок вычисления ускорений 10 создает сигнал в блок задержек 15 на временное отключение привода. Время отключения определяется по сигналу блока определения периода раскачивания подвешенного груза 14, получающего сигнал блока определения высоты подвеса груза 13, которая определяется по сигналу датчика длины каната 11 и переключателя кратности полиспаста 12.

Через время $\tau_1 = k_1 T$ (где T - период раскачивания, k_1 - установленный для $a = 0$ коэффициент) канат примет вертикальное положение и в этот момент блокируется сигнал на отключение привода. Движение точки подвеса каната и груза продолжится при вертикальном положении каната (без раскачивания), так как скорость груза в точке равновесия (нижней точке подвеса) равна достигнутой при разгоне скорости точки подвеса каната.

Останов движения может происходить без участия оператора в результате срабатывания блока ограничения нагрузки 5 или блока ограничения перемещения 6, сигналы которых передаются на вход логической схемы «ИЛИ-НЕ» 23 и в виде логического «0» поступают на вход логической схемы «И» 21, которая блокирует сигнал движения от органов управления 18.

Для того, чтобы избежать раскачивания груза, сигналы блоков 5 и 6 подаются соответственно на два входа блока предварительного ограничения 7, который создает сигнал предварительного отключения на некотором расстоянии до границы допустимого перемещения или допустимого вылета. Кроме того, на третий вход блока 7 подается также сигнал блока вычисления поправки к расстоянию предварительного ограничения перемещения 17. Блок 17 вычисляет поправку к расстоянию через скорость оборудования и время, выраженное через доли периода раскачивания.

Сигнал блока 7 поступает на вход блока временного отключения привода при торможении 22, к другому входу которого подключен блок задержек при останове оборудования крана 16. Время задержки определяется как $\tau_2 = k_2 T$, где T - период раскачивания, k_2 - коэффициент, по

сигналу блока вычисления инерционных показателей оборудования 8, который, в свою очередь, определяется по положению оборудования и сигналам датчиков 1, 2, 3. Отключающий сигнал блока 22 поступает на вход логической схемы «ИЛИ-НЕ» 23, с выхода которой сигнал (в виде логического «0») передается на вход логической схемы «И» 21, которая блокирует работу блока усилителей 24.

Таким образом, на расчетном расстоянии блоком 7 создается предварительный сигнал на отключение, действие которого продолжается расчетное время t_2 , определяемое блоком задержек при останове оборудования крана 16. Через время t_2 , когда груз отклонится вперед по движению, сигнал блока 22 прекращается, включается привод механизмов и точка подвеса каната начинает «догонять» груз, уменьшая расстояние между вертикалью, проходящей через точку подвеса каната, и грузом, запас потенциальной энергии груза и уменьшая, тем самым, амплитуду раскачивания. Прекращение движения происходит после поступления сигналов блоков 5 или 6.

В случае остановки движения оператором, последний совершает манипуляции блоком органов управления 18, алгоритм которых аналогичен алгоритму автоматической остановки по сигналу блока предварительного ограничения 7. Оператор воздействует на органы управления 18, предварительно останавливая движение, а затем его возобновляя. Для того, чтобы возобновление движения не происходило преждевременно на вход блока временного отключения привода при разгоне 20 подается блокирующий сигнал блока задержек при останове оборудования крана 16.

Все вышеперечисленные блоки могут быть без особых проблем реализованы как аппаратно, так и на программном уровне с использованием микропроцессорной аппаратуры.

Литература

1. Патент РФ на изобретение № 2309112 от 03.03.2006г. Способ управления грузоподъемным краном и устройство для его реализации /Затравкин М.И., Каминский Л.С., Маш Д.М., Пятницкий И.А. и др., МПК В66С 23/88, В66С 13/18, опубл.27.10.2007 г.
2. Д.М.Маш, Р.Е.Кошелюк, Ю.Е.Кушнир. «Метрологические аспекты защиты строительных кранов от опасного приближения к ЛЭП»// Строительные и дорожные машины, №2, 1995 г.
3. М.М.Гохбург /Металлические конструкции кранов.- «Машгиз», 1959 г.
4. А.А.Зарецкий. Исследование колебаний строительных башенных кранов с поворотной колонной при работе механизма подъема// Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., 1962 г.
5. М.С.Комаров/ Динамика грузоподъемных машин.- «Машгиз», 1962 г.
6. И.М.Бабаков/ Теория колебаний. - «Наука», 1968 г.
7. А.А.Зарецкий, Н.И.Портной. «Оптимизация управления механизмами грузоподъемных кранов в переходных режимах»// Вестник машиностроения, №8, 1969 г.
8. Н.И.Портной. Исследования процесса управления механизмом поворота строительных башенных кранов и обоснование требований к его приводу// Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., 1976 г.
9. А.А.Павлов/ Синтез релейных систем, оптимальных по быстродействию - «Наука», 1966 г.
10. Патент РФ на полезную модель № 55967 от 24.05.2006 г. Устройство для измерения угла наклона грузового каната грузоподъемного крана / Затравкин М.И., Каминский Л.С., Маш Д.М., Пятницкий И.А. и др., МПК G01С 9/14, В66С 13/46, опубл.27.08.2006 г.



**Научно-производственное предприятие
по электро- и гидрооборудованию
строительно-дорожных машин и кранов**

ООО НПП «ЭГО»

**Системы защиты, приборы и устройства
безопасности подъемных сооружений**

Проектирование, монтаж, ремонт, пусконаладочные работы,
обучение специалистов

- [Стреловые краны
- [Краны мостового типа
- [Башенные краны
- [Краны-трубоукладчики
- [Краны-манипуляторы
- [Подъемники (вышки)

125430, г. Москва, Пятницкое шоссе, д. 23, корп. 2

Тел/факс +7 (495) 759 66 13, +7 (495) 265 01 38, <http://www.nppego.com>, E-mail: nppego@nppego.com