

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ГРУЗОВ НА СУДА В УСЛОВИЯХ КАЧКИ

Давлюд И.И., Купер А.В.

*Филиал Военного учебного научного центра Военно-морского Флота
«Военно-морская академия», г. Калининград*

Ключевые слова: автоматическая система, погрузка в море, качка, функциональная схема, следящая система, автоматика, передача груза.

Аннотация. В статье рассмотрена функциональная схема системы автоматического управления грузоподъемным устройством при передаче груза, без применения следящих проводников. Данная система обеспечивает желаемую скорость сближения и посадки груза на принимающее судно, независимо от возмущающего воздействия качки.

Передача грузов с одного судна на другое в открытом море – одна из наиболее сложных, опасных и ответственных операций. Проведение погрузочных работ с помощью существующих палубных кранов сопряжено с опасностью повреждения судна или груза. Актуальность проблемы обуславливает необходимость разработки специальных грузопередающих средств для безопасной и безударной погрузки груза в открытом море.

В таких условиях существенное влияние на безопасность загрузки груза на судно оказывают:

- динамический характер относительного движения груза и палубы принимающего судна, определяемый параметрами качки обоих судов;
- раскачивание груза на канате под влиянием динамической ветровой нагрузки и качки передающего судна.

Известные средства и способы погрузки в данных условиях не способны в полной мере обеспечить безопасность загрузки груза [1]. Поэтому их необходимо соответствующим образом адаптировать и оптимизировать. Для решения данной задачи была разработана функциональная схема системы автоматического управления (САУ), представленная на рисунке 1.

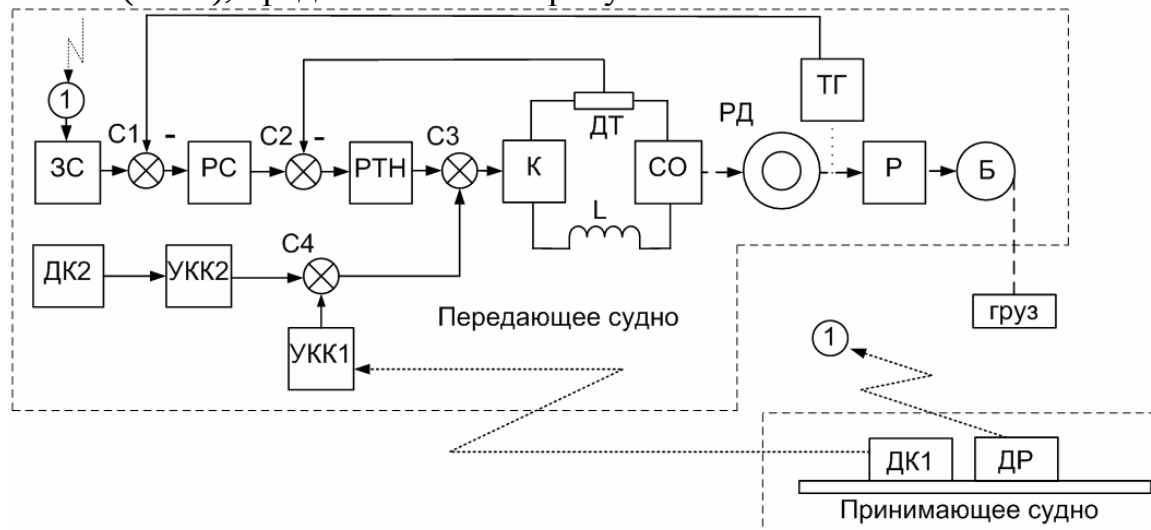


Рис. 1. Функциональная схема САУ

На рисунке 1 обозначено:

ЗС – задатчик скорости;

РС – регулятор скорости движения груза;

РТН – регулятор тока намагничивания электродвигателя АГЛ;

К – контроллер электродвигателя АГЛ;

ДТ – датчик тока электродвигателя АГЛ;

L – индуктивность цепи электродвигателя АГЛ;

РД – ротор электродвигателя АГЛ;

СО – статорная обмотка электродвигателя АГЛ;

Р – редуктор АГЛ;

Б – барабан АГЛ;

УКК1, УКК2 – устройство компенсации качки;

ДК1 – датчик качки принимающего судна;

ДК2 – датчик качки передающего судна;

ТГ – тахогенератор;

ДР – датчик расстояния;

С1, С2, С3, С4 – сумматоры.

Формирование желаемой механической характеристики электропривода АГЛ производится известным способом [2]. С этой целью статорная обмотка СО электропривода подключена к контроллеру К. Вход К подключен к выходу регулятора тока намагничивания РТН. Цепь СО, К, РТН охвачена обратной связью по току статорной обмотки с датчика ДТ.

Вход регулятора тока связан с выходом регулятора РС скорости движения груза. Так как барабан АГЛ связан с грузом канатом, имеющим упруго-вязкие свойства, в динамических режимах контролировать скорость движения груза непосредственно не предоставляется возможным. Однако существует способ косвенного измерения посредством датчика ТГ скорости груза [4]. ТГ обеспечивает измерение скорости движения конца ветви каната, связанного с грузом. Выход датчика ТГ связан с входом регулятора скорости РС через сумматор С1. Для управления скоростью движения груза вход регулятора РС связан с задатчиком скорости ЗС.

Существенную погрешность в процесс регулирования скорости движения груза вносит качка судов. При движении палубы принимающего судна вверх относительная скорость опускания груза возрастает пропорционально скорости вертикальной качки и наоборот. Это существенно повышает вероятность удара груза о палубу и его повреждение. То есть создание следящей системы по управлению скоростью движения груза не решает проблему ее инвариантности к возмущающим воздействиям качки. Формирование инвариантной к возмущениям системы управления электроприводом АГЛ производится известным способом [4, 5]. К входу контроллера К тока намагничивания подключается суммарный выход устройств компенсации качки УКК1 и УКК2, подключенных, в свою очередь, к датчикам ДК1 и ДК2 параметров качки принимающего и передающего судов соответственно.

Синтезированная таким образом система автоматического управления приводом АГЛ обеспечивает желаемую скорость движения груза относительно

точки его посадки на принимающем судне независимо от возмущающего воздействия качки. Она работает следующим образом: сигналы управления на входе датчика скорости ЗС равны нулю, электродвигатель АГЛ обесточен, натяжение каната отсутствует.

Для подъема груза датчиком ЗС устанавливается необходимое значение скорости подъема. При этом задающий сигнал поступает на вход контроллера К. На выходе последнего появляется напряжение, а в статорной обмотке связанного с ним электродвигателя потечет ток. Электродвигатель АГЛ начнет выбирать слабину каната. С началом разгона электродвигателя растет его ЭДС, что приводит к уменьшению тока цепи статорной обмотки электродвигателя АГЛ и сигнала на выходе ДТ. При неизменном сигнале задания скорости уменьшение этого сигнала приводит к увеличению сигнала разбаланса на выходе сумматора С2 и входе регулятора РТН. Управляющий сигнал на выходе РТН также увеличивается, что приводит к увеличению напряжения на выходе контроллера К.

По мере разгона электродвигателя АГЛ формируемое напряжение на выходе ТГ возрастает. При этом сигнал отрицательной обратной связи с датчика ТГ подается на вход сумматора С1. Так как сигнал задания скорости неизменен, на выходе сумматора С1 сигнал разбаланса уменьшится. Соответственно уменьшится напряжение и на выходе регулятора РС, сумматора С2, регулятора РТН, контроллера К и ток статорной обмотки. В статическом режиме сигнал разбаланса на выходе С1 близок к нулю, а груз движется с заданной скоростью подъема.

При завершении подъема груза на требуемую высоту сигнал задания скорости устанавливается равным нулю и, следовательно, электродвигатель АГЛ останавливается. В таком положении груз переносится в зону принимающего судна для дальнейшей посадки в ловители.

Известно [6], что груз постоянно находится под воздействием внешних возмущений, обусловленных качкой и ветровой нагрузкой на его элементы. В том случае, когда внешнее возмущение стремится увеличить натяжение грузового каната, сигнал на выходе ДТ увеличивается, поэтому сигнал на выходе сумматора С2 и на входе К – уменьшается. В результате этого напряжение на статорной обмотке и момент электродвигателя АГЛ уменьшаются.

В случае уменьшения натяжения каната в результате качки АГЛ работает в точке излома характеристики, скорость грузового каната равна скорости вертикальной качки судна.

Следующим этапом загрузки является доставка груза в зону ожидания. Данная зона выбирается из условия, что подвес крана не соприкоснется с палубой даже при максимальной, в данных условиях, амплитуде качки.

Функционирование САУ при перемещении груза в точку ожидания, осуществляется аналогично ее подъему, с той разницей, что задается отрицательный сигнал опускания.

Необходимость нахождения груза в точке ожидания вытекает из следующих условий:

1) момент времени начала посадки выбирается исходя из характеристик качки судна;

2) посадка груза на принимающее судно должно быть осуществлено с наименьшей возможной относительной скоростью.

Выполнения этих условий возможно при реализации указанного ниже алгоритма движения груза:

$$V_{зр} = V_{абс} + V_{нр} + V_{нер},$$

где $V_{зр}$ – относительная скорость посадки груза,

$V_{абс}$ – заданная абсолютная скорость посадки груза,

$V_{нр}$ – скорость вертикальной качки принимающего судна,

$V_{нер}$ – скорость вертикальной качки передающего судна,

При входе груза в зону ожидания производится перестройка структуры САУ так, чтобы осуществлялось слежение за точкой посадки. В режиме посадки груза на сумматор СЗ поступает сигналы скоростей вертикальной качки судов, получаемых от ДК1 и ДК2, а также заданная скорость движения груза. При приближении его к точке посадки расстояние, постоянно измеряемое датчиком ДР, уменьшается. Соответственно, уменьшается сигнал разбаланса на выходе СЗ, поступающий на К, и относительная скорость посадки. В момент посадки груза управляющий сигнал на входе К будет пропорционален скорости качки судов. В этом случае необходимо обеспечить вытравливание необходимой длины каната приводом АГЛ и автоматическое его выключение.

Таким образом, разработанная функциональная схема САУ позволяет осуществлять передачу груза на судно в автоматическом режиме в условиях качки. При этом обеспечивается заданное скорость сближения груза и слежение за точкой его посадки.

Список литературы

1. Бачище А.В., Махорин Н.И. Передача грузов в море. Мурманск.: Кн. изд-ва, 1991. 104 с.
2. Быховский Ю.И., Шеинцев Е.А. Электроприводы веерных и траловых лебедок. – 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Судостроение, 1981. 208 с.
3. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. 104 с.
4. Кипер А.В. Оптимизация переходных процессов в системе автоматического управления СКД с тиристорным электроприводом. Л.: ЦНИИ «Румб» Судостроительная промышленность, сер. «Технология и организация производства», 1989, вып. 13, с. 3–13.
5. Яворский В.Н., Макшанов В.И., Ермолин В.П. Проектирование нелинейных следящих систем с тиристорным управлением исполнительным двигателем. Л.: Энергия, 1983. 208 с.
6. Кипер А.В. Бояров А.Ю. Математическая модель способа передачи груза в благоприятных погодных условиях // Материалы 15 межвузовской научно-практической конференции БВМИ им. адмирала Ф.Ф.Ушакова. – Калининград: БВМИ им. адмирала Ф.Ф.Ушакова, 2009.

Сведения об авторах:

Давлюд Игорь Игоревич – адъюнкт кафедры Артиллерийского и зенитного ракетного вооружения филиала ВУНЦ ВМФ «ВМА», г. Калининград;

Кипер Александр Викторович – д.т.н., профессор, профессор кафедры Артиллерийского и зенитного ракетного вооружения филиала ВУНЦ ВМФ «ВМА», г. Калининград.

FUNCTIONAL DIAGRAM OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR CARGO TRANSFER TO SHIPS IN TERMS OF PITCHING

Davlyud I.I., Kiper A.V.

Keyword: automatic system, loading at sea, rolling, functional diagram, tracking system, automation, transfer of cargo.

Abstract. The article considers the functional scheme of the automatic control system of the lifting device in the transfer of cargo, without the use of tracking conductors. This system provides the desired speed of approach and landing of the cargo on the receiving vessel, regardless of the disturbing effects of pitching.

References

1. Bachishche A.V., Makhorin N.I. Transfer of goods at sea. Murmansk, Kn. Izd-vo, 1991, 104 p.
2. Bykhovsky Yu.I., Sheintsev E.A. Electric drives of fan and trawl winches. - 2nd ed., L, Sudostroenie, 1981, 208 p.
3. Novikov DA, Petrakov S.N. Course theory of active systems. M, SINTEG, 1999, 104 p.
4. Kiper A.V. Optimization of transients in the ACS automatic control system with a thyristor electric drive. L. : Central Scientific Research Institute "Rumb" Shipbuilding industry, ser. "Technology and organization of production", 1989, vol. 13, p. 3 –13.
5. Yavorsky V.N., Makshanov V.I., Ermolin V.P. Designing nonlinear tracking systems with thyristor controlled executive motor. L, Energiya, 1983, 208 p.
6. Kiper A.V. Boyarov A.Yu. Mathematical model of the method of transferring cargo in favorable weather conditions. Kaliningrad, Proceedings of the 15 interuniversity scientific and practical conference BVMI named. admiral F.F. Ushakov, 2009.