

Т.Б. Никитина, А.В. Волошко, М.О. Татарченко

**СИНТЕЗ АНИЗОТРОПИЙНОГО РЕГУЛЯТОРА  
КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РОБАСТНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Разработана методика синтеза анизотропийного робастного регулятора комбинированной системы робастного управления скоростью двухмассовой электромеханической системы. Приведен пример сравнения динамических характеристик синтезированной системы робастного управления с анизотропийным регулятором с системой с типовым регулятором.*

*Ключевые слова* двухмассовая электромеханическая система, анизотропийное робастное управление, экспериментальные исследования.

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. Центральной проблемой современной теории и практики автоматического управления является создание систем, способных обеспечивать высокую точность управления при интенсивных задающих и возмущающих воздействиях широкого спектра частот.

Анализ последних достижений и публикаций. Для повышения точности управления в последнее время в ряде отечественных и зарубежных работ появилось направление по созданию систем комбинированного управления на основе синтеза систем робастного управления, в которых используется управление как по разомкнутому, так и по замкнутому контуру – т.е., по сути – комбинированное управление. Такое управление в англоязычной литературе называется «2-degree-of-freedom  $H_\infty$  design» – робастное управление удвоенной размерности степени свободы [1-2]. Характерным режимом работы многих систем управления является отработка случайных задающих воздействий либо компенсация случайных внешних возмущающих воздействий широкого спектра частот. Поэтому вопросы проектирования систем управления, работающих при случайных задающих и возмущающих

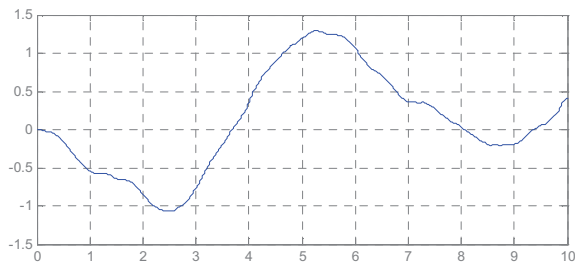
воздействиях, являются актуальными [3]. Однако в этих работах не рассмотрены вопросы синтеза стохастических систем комбинированного робастного управления.

Цель статьи. Целью статьи является разработка методики синтеза комбинированных систем стохастического робастного управления, у которых используется информация о задающем и возмущающем воздействиях для минимизации анизотропийной нормы системы. Задачей статьи является синтез и исследование динамических характеристик стохастической робастной системы управления двухмассовой электромеханической системы.

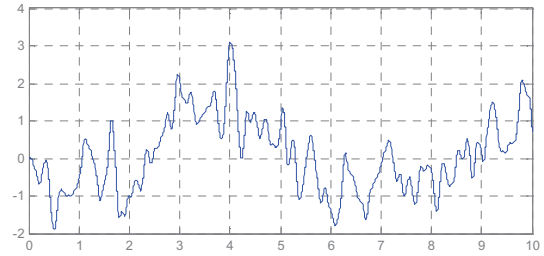
Изложение материала исследования и полученных результатов.

Для формирования управления используется информация о задающем и возмущающем воздействиях для получения минимальной анизотропийной нормы ошибки отработки системой задающего воздействия и компенсации возмущающего воздействия. Условия инвариантности фактически формулируются в виде минимизации анизотропийной нормы передаточной функции ошибки отработки системой задающего воздействия и анизотропийной нормы передаточной функции компенсации системой возмущающего воздействия. При таком подходе в робастной системе фактически реализуется комбинированное управление, в которой сочетается управление с обратной связью по выходу объекта управления и управление по разомкнутым циклам как по задающему, так и по возмущающему воздействиям. При этом регуляторы разомкнутых цепей управления представляют пропорциональные регуляторы по переменным состояниям моделей задающего и возмущающего воздействий, а сами разомкнутые цепи управления являются робастными компенсаторами и представляют собой динамические блоки, порядки дифференциальных уравнений которых при использовании наблюдателей полного порядка равны порядкам дифференциальных уравнений моделей задающего и возмущающего воздействий. Заметим, что коэффициенты усиления робастных регуляторов по переменным состояниям наблюдателей задающего и возмущающего воздействий фактически соответствует коэффициентам усиления при формировании разомкнутых цепей управления по задающему и возмущающему воздействиям классической теории инвариантности, а с помощью наблюдателей векторов состояния

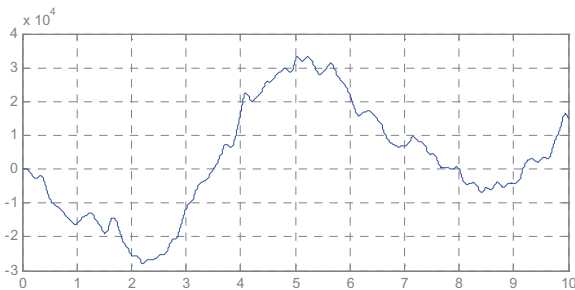
восстанавливаются производные соответствующих порядков задающего и возмущающего воздействий. Однако в отличие от классической теории инвариантности при робастном управлении с помощью наблюдателей состояния осуществляется фильтрация помех измерений задающего и возмущающих воздействий.



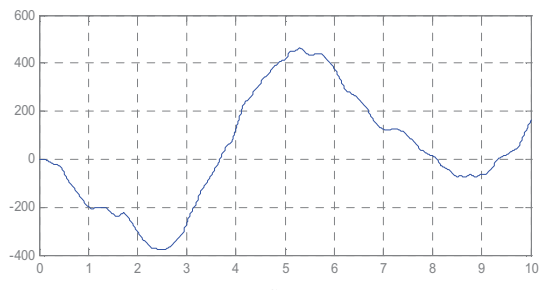
а)



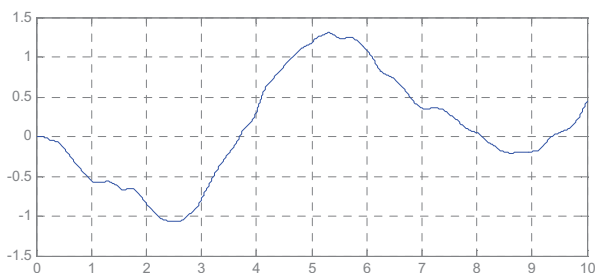
а)



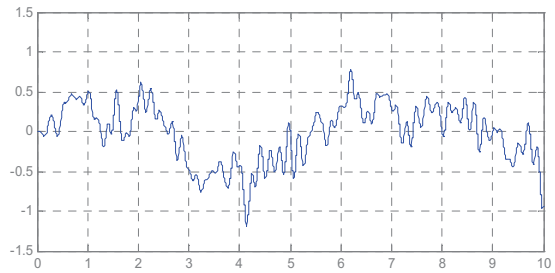
б)



б)



в)



в)

Рисунок 1 - Переходные процессы в системе с типовым регулятором

Рисунок 2 - Переходные процессы в системе с анизотропным регулятором

**Результаты экспериментальных исследований.** Рассмотрим результаты моделирования системы стабилизации скорости вращения двух массовой электромеханической системы при действии случайного изменения момента сопротивления на приводной механизм. Случайное изменение момента сопротивления формируется от генератора случайных чисел с помощью формирующего фильтра с передаточной функцией колебательного звена. На рис.1 показаны реализации случайных процессов переменных состояния двух массовой электромеханической системы с типовым регулятором, а на рис. 2 показаны реализации случайных процессов тех же переменных

состояния системы с робастным регулятором. На рисунках показаны следующие переменные состояния системы

а) скорость вращения двигателя, б) – момент упругости и в) - скорость вращения механизма.

Как видно из этих рисунков, применение робастных регуляторов позволило уменьшить ошибку регулирования скорости вращения механизма примерно в два раза.

Выводы из приведенного исследования, перспективы этого направления. Для повышения точности систем управления в работе рассматривается синтез анизотропийных регуляторов комбинированных систем робастного управления электромеханическими системами, с помощью которых минимизируется анизотропийная норма в форме пространства состояний. При этом фактически используется комбинация стохастической нормы системы и средней анизотропии случайного сигнала, что и приводит к одному из вариантов стохастической нормы, названной анизотропийной нормой. Такой регулятор формирует управляющее воздействие на вход системы по ее измеряемому выходу и представляет собой динамический блок типа компенсатора, объединяющий робастный наблюдатель и робастный регулятор.

Разработана методика синтеза анизотропийного регулятора комбинированной системы робастного управления скоростью двухмассовой электромеханической системы. Приведен пример сравнения динамических характеристик синтезированной системы робастного управления с анизотропийным регулятором и системы с типовым регулятором. Показано, что применение робастных регуляторов позволило уменьшить ошибку регулирования скорости вращения механизма примерно в два раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hoyle D., Hyde R., Limebeer D.J.N. An  $H^\infty$  approach to two-degree-of-freedom design / Proceedings of the 30 th IEEE Conference on Decision and Control. – Brighton: 1991. – P. 1581-1585.
2. Limebeer D.J.N., Kasenally E.M., Perkins J.D. On the design of robust two degree of freedom controllers / Automatica. – 1993. – №29. – P. 157 – 161.
3. Никитина Т.Б. Синтез анизотропийного стабилизатора основного вооружения танка в горизонтальной плоскости / Технічна електродинаміка. – 2009. – №2. – С. 35-40.