

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАССОВЫМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ РОБАСТНЫХ МЕТОДОВ

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. Многие системы управления предназначены для отработки случайных задающих и компенсации случайных возмущающих воздействий. В системах наведения и стабилизации [1-5], установленных на подвижном основании, заданием является направление на объект исследования, угловое положение которого изменяется случайным образом. Случайным возмущающим воздействием является изменение углового положения подвижного основания, на котором установлена система наведения и стабилизации, и обусловлено неровностью поверхности, по которой движется это подвижное основание, и определяется как характеристиками неровности самой поверхности, так и параметрами подвески подвижного основания. Причем, в режиме наведения система замкнута по скорости, а в режиме стабилизации система замкнута по углу поворота.

Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме. Проектированию систем управления, работающих при случайных задающих и возмущающих воздействиях, посвящено большое количество работ, а в последнее время интенсивное развитие получила теория стохастического робастного управления [1-5]. Однако в этих работах не рассмотрены вопросы оценки эффективности стохастических регуляторов электромеханических систем по сравнению с типовыми регуляторами.

Цель работы. Целью данной работы является разработка методики синтеза и экспериментального исследования эффективности стохастического робастного управления электромеханическими системами. Задачей статьи является синтез и экспериментальное исследование эффективности стохастического робастного управления двухмассовой электромеханической системой.

Изложение материала исследования, полученных научных результатов. Рассмотрим задачу синтеза стохастической робастного управления, минимизирующего анизотропийную норму в пространстве состояний [2-3]. Решение задачи стохастической робастной оптимизации сводится к вычислению трех алгебраических уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и уравнения специального вида для вычисления уровня анизотропии входного сигнала. Для решения уравнения Риккати используется алгоритм для нахождения обобщенных собственных векторов Шура, а для решения уравнения Ляпунова используется алгоритм Шура для унитарной триангуляции матриц.

Описание стенда двухмассовой электромеханической системы. На рис. 1 показана схема двухмассовой электромеханической системы. Механическая часть стенда выполнена на базе двух однотипных микродвигателей М1 и М2 постоянного тока ДПТ-25-Н2 [6]. Валы двигателей М1 и М2 соединены упругой передачей. Преобразователем электрической энергии в механическую является микродвигатель М1, а микродвигатель М2 формирует случайную нагрузку для микродвигателя М1.

В режиме стабилизации, когда система замкнута по углу поворота, управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора положения Р первого двигателя по сигналу с датчиков положения Д1 либо Д2 первого либо второго двигателей. В режиме наведения, когда система замкнута по скорости изменения угла поворота, управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора скорости Р первого двигателя по сигналу с датчиков скорости Д1, Д2 первого либо второго двигателей. Скорости вращения двигателей измеряются с помощью тех же импульсных датчиков положения Д1, Д2 первого и второго двигателей

С помощью второго двигателя создается случайное изменение момента нагрузки. Для имитации случайного воздействия на систему на вход второго двигателя подается случайный сигнал с выхода формирующего фильтра ФФ в виде колебательного звена. На вход формирующего фильтра подается сигнал типа белого шума от генератора случайных сигналов ГСС.

Результаты экспериментальных исследований. Вначале рассмотрим работу следящей системы в режиме регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя. На рис. 2 показаны реализации скорости вращения второго двигателя системы а) с типовым регулятором и б) со стохастическим регулятором. Как видно из этих рисунков, максимальное отклонение скорости вращения второго двигателя в системе управления с типовым регулятором составляет $\Delta\omega_2 = 9 \text{ с}^{-1}$, а в системе управления со стохастическим регулятором максимальное отклонение скорости вращения второго двигателя составляет $\Delta\omega_2 = 6 \text{ с}^{-1}$. Таким образом, применение стохастического регулятора в системе регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования скорости вращения второго двигателя более чем в 1,5 раза.

В системе стабилизации с обратной связью по углу поворота вала второго двигателя, максимальное откло-

нение угла поворота вала второго двигателя в системе управления с типовым регулятором составляет $\Delta\varphi_2=0,55$ рад, а в системе управления со стохастическим регулятором максимальное отклонение угла поворота вала второго двигателя составляет $\Delta\varphi_2=0,2$ рад. Таким образом, применение стохастического регулятора в системе управления с обратной связью по углу поворота вала второго двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования угла поворота вала второго двигателя более чем в 2 раза.

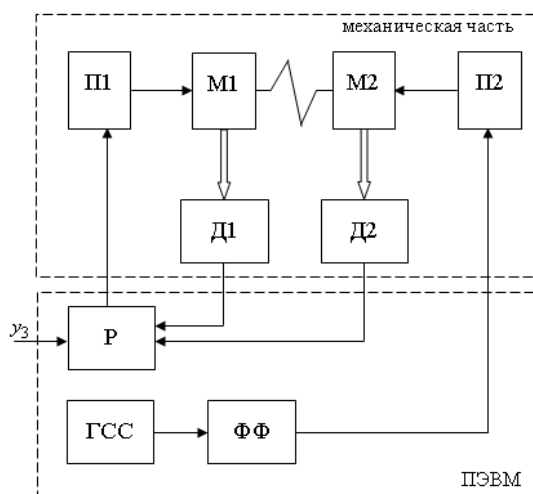


Рис. 1 Схема системы управления стандом

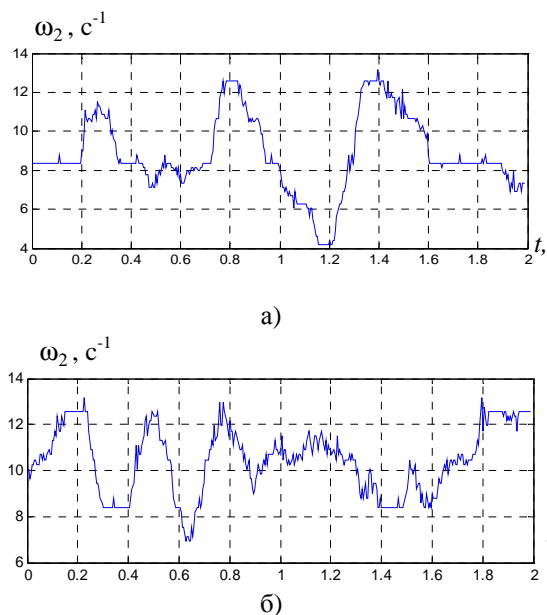


Рис. 2 Реализации скорости вращения второго двигателя следящей системы а) с типовым и б) со стохастическим регуляторами при случайном изменении момента нагрузки

Выводы из проведенного исследования, перспективы этого направления. Разработана методика синтеза и экспериментального исследования стохастического регулятора двухмассовой электромеханической системы. Решение задачи синтеза стохастических регуляторов сводится к вычислению трех алгебраических уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и уравнения специального вида для вычисления уровня анизотропии входного сигнала.

Приведены динамические характеристики синтезированной системы при случайном изменении внешних воздействий. Как показали экспериментальные исследования, случайное изменение момента сопротивления, создаваемого вторым двигателем с точностью до коэффициента пропорциональности практически совпадает с напряжением на якорной цепи и, следовательно, спектральные характеристики случайного изменения момента сопротивления определяются с точностью до масштабного коэффициента усиления параметрами формирующего фильтра в виде колебательного звена второго порядка.

Применение стохастического регулятора в следящей системе регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования скорости вращения второго двигателя более чем в 1,5 раза. Применение стохастического регулятора в системе стабилизации при управлении угловым положением с обратной связью по углу поворота вала второго двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования угла поворота вала второго двигателя более чем в 2 раза.

Литература

1. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез робастного управления многомассовыми системами. – Монография. – Харьков: ХАДУ, 2013. – 432 с.
2. Nikitina T.B. Digital robust control of multichannel systems / T.B. Nikitina // Modern problems of radio engineering telecommunications and computer science Proceedings of the International Conference TCSET'2008. - Lviv – Slavske.- Ukraine. -P. 254 – 255.
3. Nikitina T.B. Multichannel systems robust synthesis / T.B. Nikitina // The experience of Designing and Application of CAD systems in Microelectronics. - 2007. - P 240 – 241.
4. Nikitina T.B. Stochastic digital robust control of multichannel systems / T.B. Nikitina // The experience of Designing and Application of CAD systems in Microelectronics. - 2009.- P 246 – 247.
5. Никитина Т.Б. Синтез анизотропных регуляторов многоканальных систем регулирования геометрических параметров проката // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – №30. – С. 230-231.