

УДК 621.3.076

Т.Б. НИКИТИНА (д-р техн. наук, доц.), В.В. КОЛОМИЕЦ (канд. техн. наук, доц.),

М.О. ТАТАРЧЕНКО

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

bikuznetsov@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНИЗОТРОПИЙНОГО РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Разработана методика синтеза и экспериментального исследования анизотропийного робастного управления скоростью двухмассовой электромеханической системы. Приведен пример сравнения динамических характеристик синтезированной системы анизотропийного робастного управления с системой с типовыми регуляторами.

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

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. Характерным режимом работы многих систем управления является обработка 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.

Анализ последних достижений и публикаций. В последнее время интенсивно развивается теория анизотропийного робастного управления. Системы анизотропийного робастного управления обладают рядом преимуществ. Во-первых, они робастно устойчивы, т.е. сохраняют устойчивость при изменении параметров объекта управления в определенных пределах. Во-вторых, они имеют существенно меньшую чувствительность к изменению параметров объекта управления по сравнению с оптимальными системами, несмотря на то, что динамические характеристики анизотропийных робастных систем могут незначительно отличаться от соответствующих характеристик оптимальных систем. В работах [1-5] разработан метод синтеза стохастического робастного управления электромеханическими системами.

В работе [6] рассмотрены вопросы разработки методики экспериментального исследования робастных систем управления на стенде двухмассовой электромеханической системы.

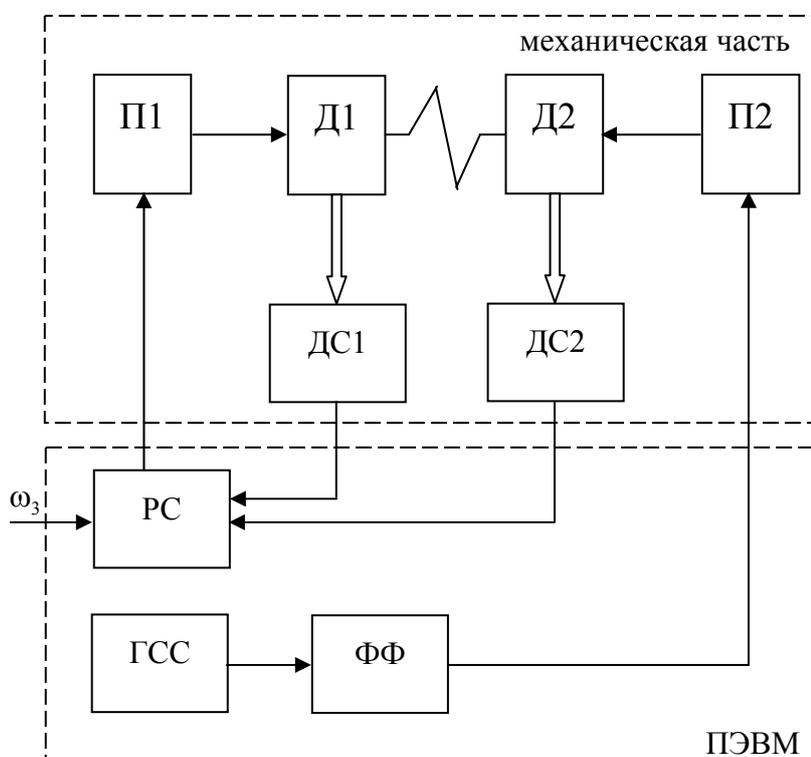


Рисунок 1 – Схема системы

Цель работы. Целью данной работы является разработка методики экспериментального исследования стохастического робастного управления скоростью двухмассовой электромеханической системы. Задачей статьи является синтез и исследование динамических характеристик стохастической робастной системы управления скоростью двухмассовой электромеханической системы.

Изложение материала исследования и полученных результатов. На рис. 1 показана схема изучаемой системы. Механическая часть стенда выполнена на базе двух однотипных микродвигателей постоянного тока ДПТ-25-Н2. Преобразователем электрической энергии в механическую является микродвигатель Д1, а величина нагрузка для Д1 формируется микродвигателем Д2. Валы двигателей Д1 и Д2 соединяются посредством упругой передачи. Управление первым двигателем осуществляется от преобразователя П1 с помощью регулятора скорости РС первого двигателя по сигналу с датчиков скорости ДС1, ДС2 первого либо второго двигателей. С помощью второго двигателя стенда моделируется момент 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 от генератора случайных сигналов ГСС подается сигнал типа белого шума. С помощью такой системы на второй двигатель действует случайное изменение момента, формируемого с помощью формирующего фильтра и собственно второго двигателя.

В системе используется микроконтроллер, с помощью которого осуществляется обмен информацией между стендом и ПЭВМ, преобразователи АЦП и ЦАП, а также контролер управления преобразователями П1, П2 с помощью которых формируется управляющие напряжения на первый Д1 и второй Д2 двигатели.

Задача определения анизотропного робастного управления сводится к решению уравнений Риккати и Ляпунова, а задача синтеза системы, минимизирующей анизотропную норму, сводится к синтезу двух уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и еще одного алгебраического уравнения [1-5].

Результаты экспериментальных исследований. Рассмотрим работу системы при случайных входных сигналах. Для имитации случайного воздействия на систему на вход второго двигателя подается случайный сигнал с выхода формирующего фильтра в виде колебательного звена

$$W(p) = \frac{K}{T_0^2 p^2 + 2\xi T_0 p + 1}, \text{ где } \xi = 0.7, T_0 = 0.03 \text{ с}, K = 10.$$

На вход формирующего фильтра от генератора случайных сигналов подается сигнал типа белого шума. С помощью такой системы на вторую массу действует случайное изменение момента, формируемого с помощью формирующего фильтра и собственно второго двигателя. В связи с тем, что постоянная времени якорной цепи двигателя достаточно мала $T_{\text{я}} = 0,002$ с по сравнению с постоянной времени формирующего фильтра $T_0 = 0,03$ с, якорную цепь двигателя можно считать пропорциональным звеном от входного напряжения на якорной цепи двигателя до момента двигателя с коэффициентом пропорциональности $K_{\text{д}} = C\Phi / R_{\text{я}}$. Таким образом, случайное изменение момента, приложенного ко второй массе, формируется с помощью колебательного звена от генератора случайных сигналов типа белого шума.

Рассмотрим работу системы в режиме регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя. На рис. 2 показаны реализации переменных состояния системы с типовым регулятором, а на рис. 3 показаны реализации переменных состояния системы с робастным регулятором. На рисунках показаны следующие переменные состояния: а) и б) – напряжения на первом и втором двигателях, в) и г) – скорости вращения первого и второго двигателей, д) и е) – токи якорных цепей первого и второго двигателей, ж) – момент упругости и з) – ошибка отработки заданного значения скорости первой массой. 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 с робастным регулятором максимальное отклонение скорости вращения второго двигателя составляет $\Delta\omega_2 = 6 \text{ с}^{-1}$. Таким образом, применение робастного 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.

Как показали экспериментальные исследования, случайное изменение момента сопротивления на второй двигатель 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.

Выводы из приведенного исследования, перспективы этого направления. Разработана методика экспериментального исследования анизотропного робастного управления двухмассовой электромеханической системы. Применение робастного регулятора в системе регулирования скорости при замыкании обратной связи по скорости первого двигателя при случайном изменении момента нагрузки позволяет уменьшить ошибку регулирования скорости вращения второй массы более чем в 1,5 раза. Приведены динамические характеристики синтезированной системы при случайном изменении внешних воздействий.

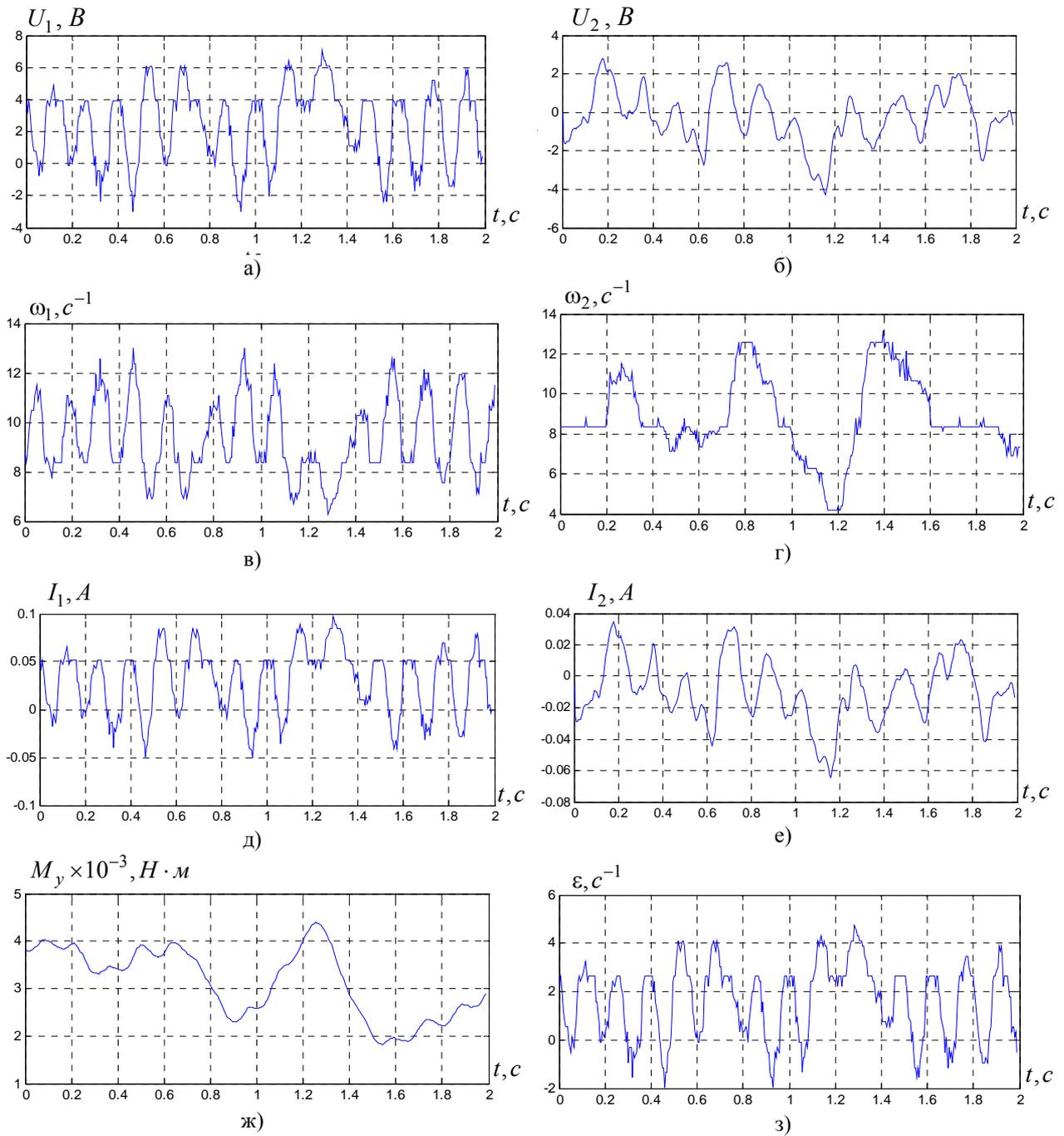


Рисунок 2 – Реализации случайных процессов с типовым регулятором

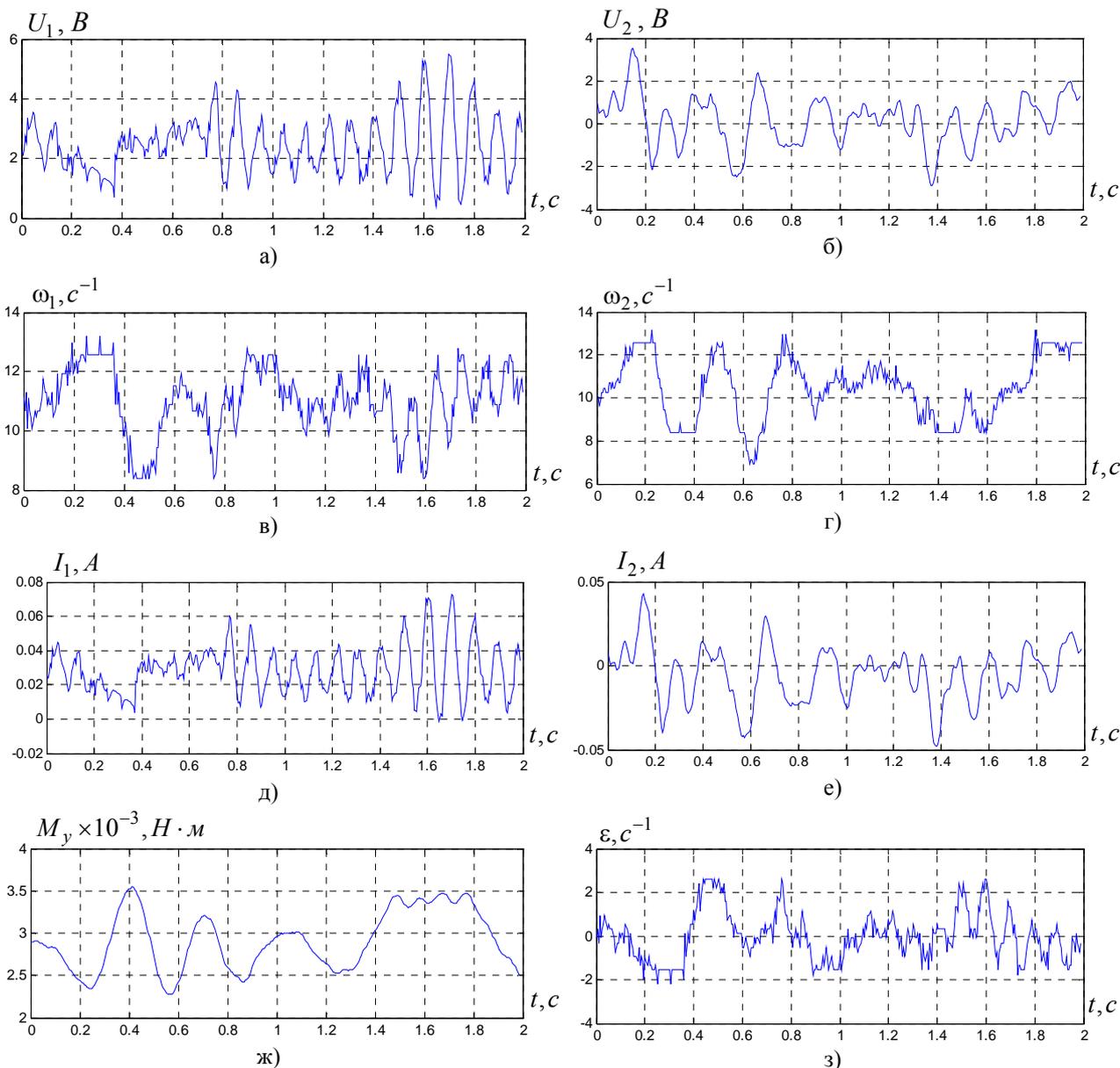


Рисунок 3 – Реализации случайных процессов системы с робастным регулятором

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Никитина Т.Б. Стохастический синтез цифрового робастного управления многоканальными итерационными системами // Електромашинобудування та електрообладнання. – 2008. – №71. – С. 22-27.
3. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез анизотропного регулятора стабилизатора в вертикальной плоскости // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – №13. – С. 94-103.
4. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез анизотропных регуляторов электропривода горизонтального наведения // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ. – 2009. – №1/2009 (54). – С. 9-12.
5. Никитина Т.Б. Синтез анизотропного стабилизатора основного вооружения танка в горизонтальной плоскости // Механіка та машинобудування. – 2009. – №2. – С. 135-147.
6. Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Волошко А.В., Виниченко Е.В. Экспериментальное исследование робастного управления главными приводами прокатных станов с учетом их взаимного влияния через прокатываемый металл на стенде двухмассовой электромеханической системы // Технічна електродинаміка. – 2012. – №2. – С. 207-212.

REFERENCES

1. Nikitina T.B. Synthesis of anisotropic regulators of the multichannel control systems of rolled metal geometrical parameters. *Visnik Natsional'nogo tehničnogo universitetu «Harkivs'kii politehničnii institut»*. 2008; 30: 230-231.
2. Nikitina T.B. Stochastic synthesis of digital robust control by multichannel iterative systems. *Elektromashinobuduvannya ta elektroobladnannya*. 2008; 71: 22-27.
3. Nikitina T.B. Multicriterion synthesis of anisotropic regulator by stabilizator in vertical plane. *Visnik Natsional'nogo tehničnogo universitetu «Harkivs'kii politehničnii institut»*. 2009; 13: 94-103.
4. Nikitina T.B. Multicriterion synthesis of anisotropic regulators by electric drive of horizontal aiming. *Visnik Kremenčuts'kogo derzhavnogo politehničnogo universitetu*. 2009; 1/2009 (54): 9-12.
5. Nikitina T.B. Synthesis of anisotropic stabilizator by tank mane armament in horizontal plane. *Mehanika ta mashinobuduvannya*. 2009; 2: 135-147.
6. Kuznetsov B.I., Nikitina T.B., Voloshko A.V., Vinichenko E.V. Experimental research of robust control by main drives of flatting mills taking into account their mutual influencing through the rolled metal on twomass electromechanics system stand. *Tehnična elektrokinamika*. 2012; 2: 207 -212.

Надійшла до редакції 15.02.2013

Рецензент: О.І. Толочко

Т.Б. НИКІТИНА, В.В. КОЛОМІЄЦЬ, М.О. ТАТАРЧЕНКО
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Експериментальне дослідження ефективності анізотропійного робастного регулятора швидкості двомасової електромеханічної системи. Розроблено методику експериментального дослідження анізотропійного робастного керування швидкістю двомасової електромеханічної системи. Синтез анізотропійного робастного керування, що мінімізує анізотропійну норму, зводиться до рішення двох рівнянь Ріккати, рівняння Ляпунова і одного алгебраїчного рівняння. Наведений приклад експериментальних характеристик системи.

Ключові слова: експериментальні дослідження, анізотропійне робастне керування, двомасова електромеханічна система.

T. NIKITINA, V. KOLOMIETS, M. TATARCHENKO
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

Experimental Research of Anisotropic Robust Speed Controller Efficiency in Two-Mass Electromechanical System. Experimental research method of anisotropic robust control by two-mass electromechanical system speed is developed. Mechanical part of stand is executed on the base of two of the same type direct current micromotor of the DPT-25-N2-25-H2. Electric energy is transformer in mechanical by first micromotor. Loading for first micromotor is formed by the second micromotor. Billows of the first motors and second motors unite by means resilient transmission. First motor control is carried out from the first transformer by the regulator of the speed of the first motor on signal from the sensors of the first micromotor speed or second micromotor speed. By the second micromotor of stand a moment is designed of loading. For the imitation of accidental influence on the system on the entrance of the second micromotor an accidental signal is given from the output of the forming filter as a swaying link. On the entrance of forming filter from the generator of the accidental signals a signal is given of type of white noise. By such system on the second micromotor the accidental change operates of the moment, formed by the forming filter and actually the second micromotor. A method of synthesis of anisotropic robust controller of the two-mass electromechanical system is developed. The synthesis of the anisotropic robust control, which minimizing an anisotropic norm, is taken to the decision of two Riccati equation, Lyapunov equation and one algebraic equation. The application of robust regulator in the system of adjusting of speed at shorting of feed-back on speed of the first micromotor at the accidental change of moment of loading allows to decrease an error of adjusting of speed of rotation of the second micromotor more than in 1,5 times. Dynamic descriptions of the synthesized system at the accidental change of external influences are resulted.

Key words: experimental researches, anisotropic robust control, two-mass electromechanical system.