ISSN 2500—0381
Электронная версия

ISSN 0021—3454
Печатная версия

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 6
Т. 60
2017

Journal of Instrument Engineering

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
ИЗДАНИЕ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО
Журнал издается с января 1958 г.

ТОМ 60 ИЮНЬ 2017 № 6

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Бобцов А. А., Борисов О. И., Громов В. С., Пыркин А. А. Быстрое оценивание параметров генератора хаотического сигнала ... 487

Вражевский С. А., Чугина Ю. В., Фуртат И. Б., Кремлев А. С. Робастное субоптимальное управление многоканальными объектами в условиях насыщения ... 495

Поршнев С. В., Кусайкин Д. В. Восстановление периодических дискретных сигналов конечной длительности с помощью тригонометрической интерполяции ... 504

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Греков А. В., Тюрин С. Ф. Логический элемент FPGA для реализации дизъюнктивной нормальной формы ... 513

Никитин Ю. А. Снижение уровня помех на выходе двухуровневого пассивного цифрового синтезатора ... 519

ГИРОСКОПИЧЕСКИЕ И НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Алёшкин А. П., Макаров А. А., Иванов Д. В., Ипатов А. В. Применение подвижных радиоинтерферометров с длинной базой для повышения устойчивости навигационно-временных определений ... 529

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ И НАДЕЖНОСТЬ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Пилипенко Н. В. Восстановление нестационарных тепловых потоков на основе решения обратных задач теплопроводности ... 538

Дзитоев А. М., Лаповок Е. В., Пеньков М. М., Ханков С. И. Колебания температуры изотермических цилиндрических объектов со стабилизированной осью на круговой солнечно-постоянной орбите ... 545

НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Дымов И. С., Котин Д. А., Аносов В. Н., Кучер Е. С. Синтез системы автоматической коррекции осевых смещений вращающегося ротора мехатронного модуля ... 552

Грибовский А. А., Ивашкова К. П., Демкович И. А. Использование адаптивной платформы технологического оборудования в условиях межмашинного взаимодействия ... 560

Стрижак В. А., Пряхин А. В., Хасанов Р. Р., Ефремов А. Б. Аппаратно-программный комплекс контроля прутков зеркально-теневым методом на многократных отражениях ... 565

Муравьев В. В., Злобин Д. В., Платунов А. В. Прибор для исследований акустоупругих характеристик тонких проволок ... 572

Кудашов Д. Д., Токарев В. П. Быстродействующая противопомпажная система газотурбинного двигателя ... 578

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Зиняков В., Конахин И. А. Экспертная система моделирования деградации и отказов сложных технических объектов ... 582

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

JOURNAL OF INSTRUMENT ENGINEERING

ITMO UNIVERSITY

The Journal is published since January 1958

Vol. 60 JUNE 2017 № 6

CONTENTS

INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

Bobtsov A. A., Borisov O. I., Gromov V. S., Pyrkin A. A. Fast Estimation of Chaotic Signal Generator Parameters 487

Vrazhevsky S. A., Chugina Yu. V., Furtat I. B., Kremlev A. S. Robust Suboptimal Control over Multichannel Objects under Saturation Conditions 495

Porshnev S. V., Kusaykin D. V. Reconstruction of Finite-Length Periodic Discrete-Time Signals with the Use of Trigonometric Interpolation 504

COMPUTER TECHNIQUE

Grekov A. V., Tyurin S. F. FPGA Logic Element for Implementation of Disjunctive Normal Form 513

Nikitin Yu. A. Noise Level Reduction at Duplex Passive Digital Synthesizer Output 519

GYROSCOPIC AND NAVIGATION SYSTEMS

Aleshkin A. P., Makarov A. A., Ivanov D. V., Ipatov A. V. The Use of Mobile Long-Base Radio Interferometers to Improve Stability of Navigation and Time Measurements 529

HEAT REGIMES AND RELIABILITY OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

Pilipenko N. V. Retrieval of Non-Stationary Heat Flow Based on Solution of Inverse Problems of Heat Conduction 538

Dzitoev A. M., Lapovok E. V., Penkov M. M., Khankov S. I. Temperature Fluctuations of Isothermal Cylindrical Objects with Stabilized Axis in Circular Solar-Synchronized Orbit 545

SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Dymov I. S., Kotin D. A., Anosov V. N., Kucher E. S. Synthesis of a System for Automatic Correction of Axial Displacement of Mechatronic Module Spinning Rotor 552

Gribovsky A. A., Ivashkova K. P., Demkovich N. A. The Use of Adaptive Platform for Technological Equipment in Machine-To-Machine Interaction Conditions 560

Strizhak V. A., Pryakhin A. V., Khasanov R. R., Efremov A. B. Hardware-Software Complex for Rods Control by Mirror-Shadow Method Using Multiple Reflections 565

Muraviev V. V., Zlobin D. V., Platunov A. V. Device for Studies on Acoustic-Elastic Characteristics of Thin Wires 572

Kudashov D. D., Tokarev V. P. Fast-Acting Anti-Surge System of Gas Turbine Engine 578

BRIEF NOTES

Zinlakov V., Konyakhin I. A. Expert System for Modelling Degradation and Failure of Complex Technical 582

УДК 62-531.7
DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-6-552-559

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ОСЕВЫХ СМЕЩЕНИЙ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РОТОРА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ

И. С. Дымов, Д. А. Котин, В. Н. Аносов, Е. С. Кучер

Новосибирский государственный технический университет,
630073, Новосибирск, Россия
E-mail: d.kotin@corp.nstu.ru

Исследованы проблемы центрирования пространственного положения ротора мехатронного модуля, применяемого в высокоточных технологических установках. Проанализированы методы устранения неуравновешенности вращающихся частей устройств электромеханики, мехатроники. Установлено, что их главный недостаток состоит в принципиальной невозможности достижения высокой точности устранения радиальных смещений ротора. Предложен метод стабилизации вращающейся части мехатронного модуля, основанный на активной коррекции его текущего пространственного положения. Конструкция электромеханической части устройства усовершенствована за счет введения в нее корректирующих электромагнитных катушек управления и магнитной системы, осуществляющих пространственную коррекцию ротора. Представлена функциональная схема предлагаемого метода, а также рассмотрены методики синтеза контуров регулирования переменных системы активной коррекции. Приводятся результаты имитационного моделирования. Сделано заключение о технической перспективности предложенного метода и направления исследования в целом.

Ключевые слова: *мехатронный модуль, автоматическая коррекция, активная стабилизация, электромагнит, балансировка, неуравновешенность*

Введение. В связи с расширением использования мехатронных модулей движения в разных областях науки и техники появляются новые требования к их эксплуатации. Одной из основных проблем электромеханической системы является дисбаланс ее вращающейся части. В частности, несовпадение реальной оси вращения ротора с проектируемой во время работы может привести к вибрации, вызывая тем самым чрезмерный износ подшипниковых узлов, шпинделей или посадочных мест. Колебания могут привести к возникновению резонанса и вызвать полное разрушение механизма [1].

Причинами неравномерного распределения масс ротора мехатронного модуля являются разная толщина или масса отдельных деталей, наличие в них раковин, неодинаковый вылет частей обмотки и др. [2]. Каждая из деталей собранного ротора может быть неуравновешенной вследствие смещения ее осей инерции от оси вращения. В собранном роторе неуравновешенные массы отдельных деталей в зависимости от их расположения могут суммироваться или взаимно компенсироваться. Во многих отраслях высокоточного производства, таких как лазерная техника, космическая промышленность и т.п., даже незначительные погрешности недопустимы, что продиктовано требованиями к самому технологическому процессу [3—5].

Одно из основных требований — обеспечить соответствие биений оси вращения шпинделя диапазону значений, установленных в ГОСТ 18097-93, оно в обязательном порядке должно соблюдаться для высокоточных станков класса точности А и сверхточных станков класса точности С. В то же время системы автоматического управления такими объектами должны обеспечивать высокое быстродействие при допустимом значении перерегулирования как по основным механическим координатам (угловое положение, частота вращения, момент), так и сопутствующим им величинам (осевые и радиальные смещения).

Следовательно, целью проводимого исследования является разработка алгоритма управления системой активной стабилизации пространственного положения ротора электрической машины. Разработанные методы и подходы к проектированию систем управления мехатронными устройствами должны быть реализуемы современным производством.

Для достижения поставленной цели необходимо проанализировать способы устранения осевых колебаний роторов электрических машин, разработать алгоритм автоматического управления процессом активной стабилизации осевого отклонения их вращающейся части, представить процедуру синтеза предложенного алгоритма, выполнить математическое моделирование с целью проверки работоспособности алгоритма с учетом электромагнитных свойств объекта управления.

Способы устранения неуравновешенностей. Балансировка ротора заключается в совмещении его оси инерции с осью вращения за счет снятия металла или установки уравновешивающих грузиков в определенных местах по окружности ротора. Различают статический и динамический методы балансировки*.

Статическая балансировка производится при не вращающемся роторе с использованием специального оборудования. Для определения неуравновешенности ротор приводится в движение и после остановки отмечается место его верхнего положения [1]. Это действие повторяется несколько раз, неоднократный возврат ротора в ранее зафиксированное положение с уверенностью позволяет судить о смещении его центра тяжести.

Динамическая балансировка производится на специальных балансировочных стендах. В процессе корректировки оба конца ротора уравновешиваются поочередно [1]. Для нахождения величины дисбаланса и местоположения центра тяжести обоих концов балансируемый ротор устанавливают на стенд и приводят его во вращение. Несбалансированная масса ротора заставляет раму или опору стенда колебаться.

Метод активной стабилизации. Разработанный метод активного исключения осевых смещений заключается в том, что исполнительная часть системы стабилизации пространственного положения производит автоматическую балансировку путем электромагнитного воздействия на вращающийся ротор (рис. 1, $U_з^{x,y}$ — сигнал задания на отклонение, В; РП — регулятор пространственного положения оси вращения ротора; УП — управляемый транзисторный преобразователь, работающий в режиме широтно-импульсной модуляции напряжения; $U_в$ — управляющее воздействие; $K_{ос}$ — коэффициент обратной связи; $U_з^{н}$ — сигнал задания на частоту вращения двигателя) [6].

В качестве объекта управления используются две установленные во взаимно перпендикулярных плоскостях парные группы электромагнитов, параметры которых могут быть рассчитаны по методике, изложенной в [1, 7, 8]. Каждая пара электромагнитов обеспечивает реверсивный характер микроперемещений вала мехатронного устройства в одной плоскости. Автоматическое центрирование оси вращения осуществляется на основе сигналов обратных

* ГОСТ ИСО 1940-1-2007. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса. Взамен ГОСТ 22061-76. Введ. 01.07.08. М.: Госстандарт России, Изд-во стандартов, 2008. 21 с.

связей по этой координате, получаемых посредством встроенных в конструкцию модуля датчиков положения вращающейся части. За счет формирования управляющих воздействий на электромагниты в замкнутой системе управления будет осуществляться процесс активной стабилизации.

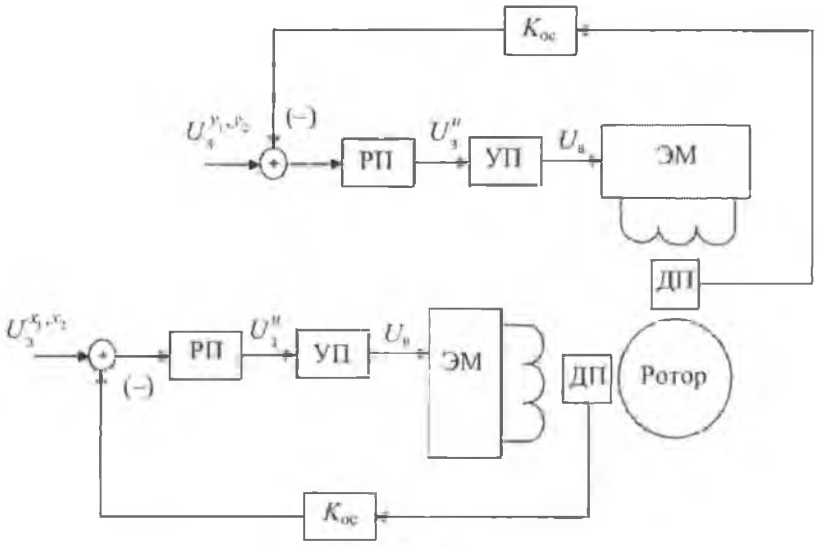

Рис. 1

В элементах конструкции ярма двигателя следует предусмотреть установочные места для катушек электромагнитов, датчиков измерения осевых отклонений ротора, информационных и силовых каналов системы управления. Все эти особенности конструкции закладываются на этапе проектирования мехатронного устройства.

Для измерения осевых смещений может использоваться оптический метод, связанный с применением фотоэлектрических самокорректирующихся преобразователей (углового и линейного).

На рис. 2 представлена разработанная структурная схема автоматической системы активной стабилизации (K_w — коэффициент пропорциональности между потокосцеплением и магнитным потоком; R — активное сопротивление катушки электромагнита; K_1 — коэффициент, характеризующий кривую намагничивания ферромагнитного напыления; K_2 — коэффициент пропорциональности между током возбуждения и перемещением).

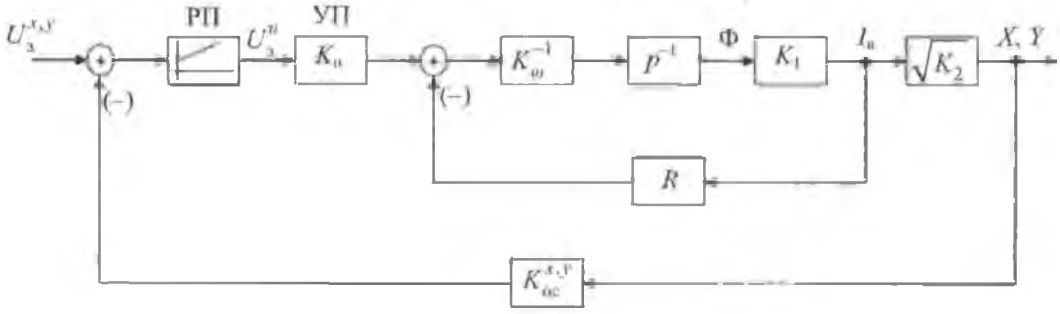

Рис. 2

На поверхность вращающейся части электрической машины для мехатронного устройства, в целях формирования магнитной системы для процедуры активной стабилизации, происходит напыление магнитного материала установленной толщины [9].

Рассматриваемая в статье система автоматической коррекции осевых смещений конструктивно представляет собой подшипник, во внутреннем кольце которого расположены четыре электромагнита, установленные во взаимно ортогональных плоскостях и расположенные непосредственно над местом напыления магнитного материала. Каждый электромагнит

управляется своей системой автоматического регулирования (согласование ИМ происходит за счет перекрестных связей в каналах управления).

Методика расчета регуляторов автоматической системы активной стабилизации. Для проверки работоспособности метода активной стабилизации пространственного положения ротора в качестве исполнительного электродвигателя использована коллекторная электрическая машина постоянного тока (ДПТ) малой мощности ПЯ-250Ф. Такой тип машин применяется в основном для систем промышленной автоматики в качестве составной части электроприводов (ЭП) шпинделей.

Частотой вращения ДПТ управляет двухконтурная система автоматического регулирования с пропорционально-интегральными (ПИ) регуляторами тока и скорости. Управление пространственным положением оси вращения ротора электрической машины осуществляется подсистемой активной стабилизации (рис. 3, РТ — регулятор тока якоря двигателя; РС — регулятор скорости двигателя; $K_{ос}^{I}$ — коэффициент обратной связи по току якоря двигателя; $K_{ос}^{\omega}$ — коэффициент обратной связи по скорости двигателя; $K_{ос}^{x,y}$ — коэффициент обратной связи по пространственному отклонению оси вращения ротора двигателя).

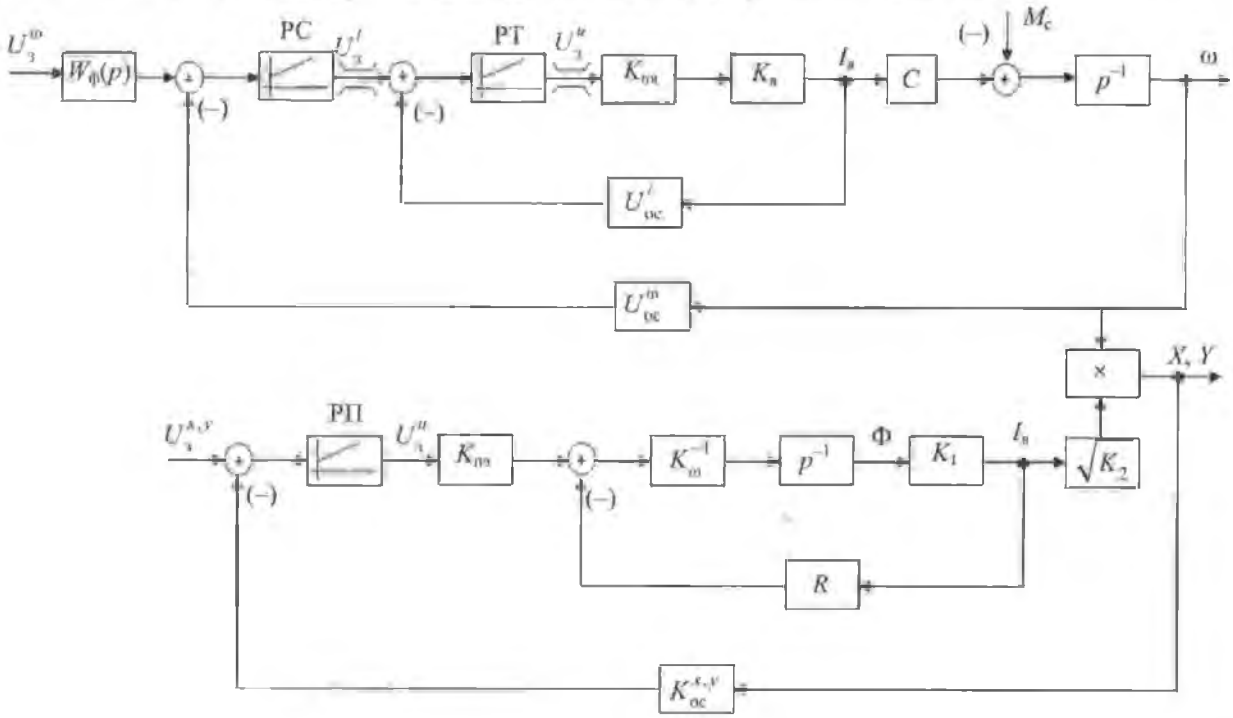

Рис. 3

Синтез регуляторов и расчет их параметров в системе подчиненного регулирования скорости (СПР) ДПТ сводится к приведению передаточной функции каждого контура в соответствие с поставленными требованиями, например модульного или симметричного оптимума (что соответствует фильтру Баттерворта), и проводится последовательно, начиная с внутреннего контура [10].

Синтез контура регулирования тока (КРТ). Внутренним контуром в СПР скорости ЭП является контур тока. Оптимизация параметров контура тока проводится при следующих допущениях [11]:

1) не учитывается влияние внутренней обратной связи по ЭДС двигателя;

2) транзисторный преобразователь является звеном с передаточной функцией

$$W_{пр}(p) = K_{пр},$$

где $K_{пр}$ — коэффициент передачи транзисторного широтно-импульсного преобразователя (ШИП).

В качестве регуляторов тока и скорости используются ПИ-регуляторы с передаточной функцией:

$$W_{\text{р}}(p)=\frac{K_{\text{п}}p+K_{\text{и}}}{p}.$$

Найдя передаточную функцию замкнутого контура регулирования тока и выразив из нее характеристический полином, приравниваем его к нормированному полиному вида [11, 12]:

$$N(p)=p^2+A_1\Omega_0 p+\Omega_0^2,$$

где A_1 — коэффициент формы, определяющий колебательность переходного процесса регулирования тока; Ω_0 — среднегеометрический корень, определяющий быстродействие процессов.

Примем следующую настройку коэффициента формы $A_1=2$, что соответствует настройке по Баттерворту, и величину среднегеометрического корня $\Omega_0=\Omega_{\text{КРТ}}=2f_d/5$, где f_d — частота дискретизации ШИП.

Синтез контура регулирования скорости (КРС). Контур скорости является внешним по отношению к контуру тока. Найдя передаточную функцию замкнутого контура регулирования скорости и выразив из нее характеристический полином, приравниваем его к вышеприведенному нормированному полиному. Примем следующую настройку коэффициента формы $A_1=2$ и настройку среднегеометрического корня $\Omega_0=\Omega_{\text{КРС}}=2f_d/50$.

Синтез контура регулирования пространственного положения (КРПП) оси вращения мехатронного модуля. Для формирования законов управления объект управления — катушку электромагнита — будем питать от транзисторного ШИП, работающего с высокими частотами коммутации (не ниже 3 кГц). В качестве регулируемой переменной выбираем пространственное положение оси вращения мехатронного модуля. Главным управляющим воздействием, определяющим текущее осевое смещение, является значение тока в катушке. Все рассуждения справедливы как для плоскости X, так и для плоскости Y поперечного сечения вала ДПТ [13].

В качестве корректора пространственного положения также используем ПИ-регулятор. Найдя передаточную функцию замкнутого контура регулирования пространственного положения и выразив из нее характеристический полином, приравниваем его к нормированному. Примем следующие настройки коэффициента формы $A_1=2$ и среднегеометрического корня $\Omega_0=\Omega_{\text{КРПП}}=2f_d/500$.

Результаты исследования разработанной системы управления. Проведем математическое моделирование совмещенной структуры стабилизации пространственного положения ротора мехатронного модуля движения с системой стабилизации частоты вращения коллекторного ДПТ устройств автоматики ПЯ-250Ф. Результаты расчета параметров звеньев обобщенной структурной схемы, изображенной на рис. 3, представлены в таблице.

Параметр	Значение
Передаточная функция входного фильтра	$W_{\text{ф}}(p)=\dfrac{1}{0{,}017p+1}$
Передаточная функция регулятора скорости	$W_{\text{рс}}(p)=\dfrac{11{,}67p+700{,}26}{p}$
Передаточная функция регулятора тока якоря	$W_{\text{рт}}(p)=\dfrac{7{,}32p+4607{,}9}{p}$

Продолжение таблицы

Параметр	Значение
Коэффициент усиления силового статического преобразователя цепи обмотки якоря ДПТ	$K_{пя} = 36$
Передаточная функция цепи обмотки якоря ДПТ	$K_я(p) = W_я(p) = \dfrac{1/0,536}{8,955 \cdot 10^{-3} p + 1}$
Значение произведения конструктивной постоянной ДПТ на номинальный магнитный поток	$C = 0,094$
Момент инерции ДПТ	$J = 3,5 \cdot 10^{-4}$
Коэффициент обратной связи по току якоря	$K_{ос}^{I} = 0,041$
Коэффициент обратной связи по частоте вращения ДПТ	$K_{ос}^{\omega} = 0,0032$
Передаточная функция регулятора пространственного положения оси вращения ротора ДПТ	$W_{рпп}(p) = \dfrac{78,87p + 19429,1}{p}$
Коэффициент усиления силового статического преобразователя цепи питания катушки электромагнита	$K_{пр} = 22$
Коэффициент пропорциональности между потокосцеплением и магнитным потоком	$K_п = 118$
Коэффициент, характеризующий кривую намагничивания ферромагнитного напыления	$K_1 = 0,25$
Коэффициент пропорциональности между током катушки электромагнита и осевым смещением ротора ДПТ	$K_2 = 9,86 \cdot 10^{-5}$
Активное сопротивление катушки электромагнита	$R = 0,5$
Коэффициент обратной связи по пространственному отклонению ротора	$K_{рс}^{x,y} = 1000$

В результате моделирования получены переходный процесс по скорости электродвигателя постоянного тока ПЯ-250Ф (рис. 4, *а*) и по осевому смещению ротора электродвигателя при работе системы активной стабилизации пространственного положения (рис. 4, *б*). В момент времени $t = 0,15$ с происходит наброс момента сопротивления нагрузки на валу электродвигателя, сопровождающийся отклонением его центральной оси вращения. Исходя из полученных переходных процессов можно признать, что предложенный подход к активной стабилизации оси вращения мехатронного модуля является работоспособным. Текущая коррекция осевых смещений вращающихся частей высокоточных устройств может применяться для балансировки в микрометровом диапазоне точности, что принципиально невозможно достичь с помощью существующих на сегодняшний день статических или динамических способов балансировки.

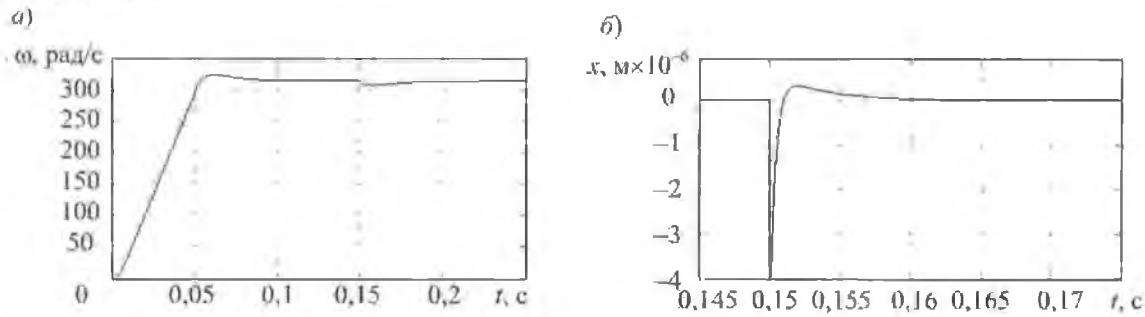

Рис. 4

Заключение. Проанализировав результаты моделирования предложенного метода активной стабилизации пространственного положения ротора мехатронного модуля, можно сделать следующие выводы:

1) синтезированная система автоматического управления обладает астатизмом по возмущающему воздействию;

2) качество переходных процессов удовлетворяет требованиям: время регулирования достаточно мало, оно не сказывается на технологическом процессе; величина перерегулирования находится в допустимом диапазоне и не влияет в динамических режимах на появление механических повреждений составных частей мехатронных модулей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дымов И. С., Котин Д. А.* Проектирование адаптивной магнитной системы аэростатического шпинделя // Фундаментальные исследования. 2015. № 10. С. 254—258.
2. *Зюзин А. Ф.* Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. М.: Высш. школа, 1986. 420 с.
3. *Работнов Ю. Н.* Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, ГРФМЛ, 1979. 744 с.
4. *Sato K., Horikawa O., Shinokohbe A.* Improvement of spindle motion accuracy by a control type air rotary bearing // Proc. of the Japan/USA Symposium on Flexible Automation. 1996. Vol. 2. P. 1145—1150.
5. *Nicola M., Hrouzek M., Renier M., Navizet M., Comin F.* Combined towards a 10 nm Run-out Rotation axis // Intern. Workshop on Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation. 26—28 May, 2006.
6. *Dymov I., Kotin D.* Active Stabilization of Axial Position of Rotor in Electric Machine // Applied Mechanics and Materials. Dec. 2014. Vol. 698. P. 141—143. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AAM.698.141.
7. *Бессонов М. А.* Теоретические основы электротехники. М.: Высш. школа, 1964. 752 с.
8. *Дюбчик М. А.* Силовые электромагниты аппаратов и устройств автоматики постоянного тока. М.: Энергия, 1968. 152 с.
9. *Кудинов В. В., Бобров Г. В.* Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / Под ред. *Б. С. Митина.* М.: Металлургия, 1992. 432 с.
10. *Панкратов В. В.* Автоматическое управление электроприводами. Ч. 1. Регулирование координат электроприводов постоянного тока. Новосибирск: НГТУ, 2013. 215 с.
11. *Zaki Diab Ah. A., Vdovin V. V., Kotin D. A., Anosov V. N., Pankratov V. V.* Cascade Model Predictive Vector Control of Induction Motor Drive // Матер. XII междунар. конф. „Актуальные проблемы электронного приборостроения" АПЭП-2014. Т. 7. Устройства автоматики и системы управления. Силовая электроника. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. С. 20—25. DOI: 10.1109/APEIE.2014.7040771.
12. *Zaki Diab Ah. A., Kotin D. A., Pankratov V. V.* Speed Control of Sensorless Induction Motor Drive Based on Model Predictive Control // 14 Intern. Conf. of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2013. Altai, Erlagol, 1–5 July, 2013. Novosibirsk: NSTU, 2013. P. 269—274. DOI: 10.1109/EDM.2013.6641993.
13. Свид. о гос. регистр. программ для ЭВМ № 2015663163. Программа алгоритма адаптивной системы активной стабилизации аэростатического шпинделя / *И. С. Дымов, Д. А. Котин.* Заяв. 26.10.15; опубл. 11.12.15.

Сведения об авторах

Илья Сергеевич Дымов — аспирант; Новосибирский государственный технический университет, кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок; E-mail: ildymov@mail.ru

Денис Алексеевич Котин — канд. техн. наук, доцент; Новосибирский государственный технический университет, кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок; E-mail: d.kotin@corp.nstu.ru

Владимир Николаевич Аносов — д-р техн. наук, доцент; Новосибирский государственный технический университет, кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок; заведующий кафедрой; E-mail: anosov@corp.nstu.ru

Екатерина Сергеевна Кучер — канд. техн. наук, доцент; Новосибирский государственный технический университет, кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок; E-mail: kucher@corp.nstu.ru

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок

Поступила в редакцию 07.02.17 г.

Ссылка для цитирования: *Дымов И. С., Котин Д. А., Аносов В. Н., Кучер Е. С.* Синтез системы автоматической коррекции осевых смещений вращающегося ротора мехатронного модуля // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 6. С. 552—559.

SYNTHESIS OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC CORRECTION OF AXIAL DISPLACEMENT OF MECHATRONIC MODULE SPINNING ROTOR

I. S. Dymov, D. A. Kotin, V. N. Anosov, E. S. Kucher

Novosibirsk State Technical University, 630073, Novosibirsk, Russia
E-mail: d.kotin@corp.nstu.ru

The problem of centering spatial position of a rotor in mechatronic module used in high-precision processing equipment. The known methods of eliminating the unbalance of the rotating parts of electromechanical and mechatronic devices are analyzed. The main disadvantage of the methods is found to be the principle impossibility of achieving high accuracy in eliminating radial displacement of the rotor. A new approach to the problem of stabilization of a rotating part of the mechatronic module is proposed; the method is based on an active current correction of spatial position of the rotor. Design of the electromechanical part of the device is improved by introducing into it correcting electromagnetic coils and a magnetic system to control over the spatial correction of the rotor. A functional diagram of the proposed method and results of simulations are presented. Methods of synthesis of control loops for variables of the active correction system are discussed. The conclusion is made about technical prospects of the proposed method and on the general direction of the further research.

Keywords: mechatronic module, automatic adjustment, active stabilization, electromagnet, balancing, unbalance

Data on authors

Ilya S. Dymov	—	Post-Graduate Student; Novosibirsk State Technical University, Department of Electric Drive and Automation of Industrial Units; E-mail: ildymov@mail.ru
Denis A. Kotin	—	PhD, Associate Professor; Novosibirsk State Technical University, Department of Electric Drive and Automation of Industrial Units; E-mail: d.kotin@corp.nstu.ru
Vladimir N. Anosov	—	Dr. Sci., Professor; Novosibirsk State Technical University, Department of Electric Drive and Automation of Industrial Units; Head of the Department; E-mail: anosov@corp.nstu.ru
Ekaterina S. Kucher	—	PhD, Associate Professor; Novosibirsk State Technical University, Department of Electric Drive and Automation of Industrial Units; E-mail: kucher@corp.nstu.ru

For citation: Dymov I. S., Kotin D. A., Anosov V. N., Kucher E. S. Synthesis of a system for automatic correction of axial displacement of mechatronic module spinning rotor. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60. N 6. P. 552—559 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-6-552-559