

ВСТУП

Рівень якості сучасного обладнання значною мірою визначається якістю електромеханічних систем (ЕМС), які в них використовуються. Необхідність підвищення якості обладнання викликана підвищенням вимог до точності переміщень, швидкодії та енергоефективності систем. Також зростають питання екологічності технічних систем та ресурсозбереження. Так виходить, що підвищення якості показників керування ЕМС призводить до задоволення і вирішення піднятих проблем.

Розробка і дослідження ЕМС з високими показниками точності, динамічності та енергоефективності стали актуальними, і досі є такими, з появою електричних машин (ЕМ) змінного струму. Ці машини включають синхронні (СД) та асинхронні двигуни (АД), які по природі є суттєво нелінійними об'єктами керування, і вони піддаються впливу зміни параметрів. Все це ускладнює керування ними загалом та досягнення високої якості ЕМС, побудованих на їх основі.

Через складність керування машинами змінного струму було винайдено багато різних підходів для керування різними машинами. Для узагальнення керування виникає необхідність розробити узагальнені методи керування в ЕМС, які можуть бути застосовані до електричних машин різних типів. Одним із таких підходів може бути полеорієнтоване векторне керування ЕМС, до яких може бути використане перетворення Блондель-Парка. Цей клас об'єктів включає двигуни постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням, неявнополюсні та явнополюсні синхронні двигуни, асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором. Тому розробка узагальнених методів керування ЕПС з нелінійними об'єктами в полеорієнтованих координатах є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана на кафедрі автоматизації електромеханічних систем та електроприводу, факультету електроенерготехніки та автоматики,

Національного технічного університету України “Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського” відповідно до плану підготовки магістрів.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є підвищення динамічних показників та енергоефективності керування в ЕМС з векторно-керованими електричними двигунами за рахунок розробки узагальнених нелінійних методів керування з вільно формованими показниками якості керування.

Вирішується узагальнена задача асимптотичного відпрацювання механічних координат (кутової швидкості, кутового положення) і модуля вектора потокозчеплення різних типів двигунів. Передбачається, що керування відбувається за рахунок прикладених до статора ЕМ керуючих векторів напруги, а ротор розглядається як обертова маса валу, до якої прикладається момент навантаження.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконання наступних задач:

1. Сформулювати проблему керування та обґрунтувати необхідність рішення з точки зору підвищення динамічних та енергетичних показників.

2. Провести аналіз та доведення стійкості структур отриманих під дією визначених регуляторів.

3. Розробити концепцію керування механічними (кутової швидкості, кутового положення) та електричними координатами (модуля вектора потокозчеплення) в ЕМС, що на основі полеорієнтованого перетворення координат забезпечує декомпозицію на електромеханічну й електромагнітну (ЕМПС-ЕМГПС) та електричну й механічну підсистеми (МПС-ЕПС).

4. На основі розробленої концепції отримати узагальнені рішення задачі керування механічними та електричними координатами в ЕМС, для чого необхідно:

- розробити процедуру, що забезпечать асимптотичність розв’язання процесів керування механічними координатами та підсистемою потокозчеплення при декомпозиціях ЕМПС-ЕМГПС та МПС-ЕПС;

- розробити уніфіковані регулятори кутової швидкості та положення для всіх типів ЕМ;

- розробити уніфіковані методики налаштування синтезованих ЕМС з метою досягнення бажаних показників якості керування.

5. Узагальнення отриманих результатів, що мають значення для синтезу та аналізу ЕМС.

Об'єктом дослідження є динамічні процеси в ЕМС з нелінійними об'єктами, які здійснюють електромеханічне перетворення енергії, і для яких справедливе перетворення Блондель-Парка.

Предметом дослідження є синтез й аналіз нелінійних систем векторного керування кутовою швидкістю та кутовими положенням електромеханічних об'єктів з повним та частково вимірюваним вектором стану при відомих параметрах.

Методи дослідження включають методи нелінійної теорії керування такі, як: другий метод Ляпунова, лінеаризація зворотним зв'язком, керування за вимірюваним виходом, а також методи математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Розроблено узагальнений метод керування ЕМС, який забезпечує декомпозицію вихідної системи на дві нелінійні підсистеми, перша з яких є лінійно асимптотично ізольованою (керування механічними координатами), а друга володіє властивостями експоненційної стійкості (керування потоком ЕМ). Коли друга підсистема знаходиться в стійкому положенні, перша підсистема залишається асимптотично лінійною та стійкою, і процеси в цих підсистемах асимптотично розв'язані.

2. Сформовано закони керування об'єктами ЕМС які розкладені на підсистеми ЕМПС-ЕМГПС та МПС-ЕПС. Отримані закони забезпечують відпрацювання заданих траєкторій механічних координат (кутової швидкості та кутового положення) та потокозчеплення ЕМ, і забезпечують: глобальну асимптотичність відпрацювання координат; асимптотичну розв'язку процесів керування механічними координатами і потокозчепленням; асимптотичну лінеаризацію підсистеми керування механічним координатами, коли підсистема керування потокозчепленням знаходиться в стані спокою.

Практичне значення отриманих результатів полягає розробці уніфікованих алгоритмів векторного керування механічними координатами з вільно формованими показниками якості керування в ЕМС з нелінійними об'єктами, проектування та налаштування нелінійних ЕМС з підвищенням їх динамічних та енергетичних показників, а також розробка програмних засобів для їх дослідження. Окрім цього, дисертаційна робота має цінність з точки зору можливості використання розроблених матеріалів в навчальному процесі.

Публікації. Основні ідеї дисертаційної роботи відображено у 5 наукових публікаціях, у 1 у фаховому Українському виданні та 4 в університетському.

Публікації:

1. С. М. Пересада, В. С. Решетник, Д. І. Родькін, О. Ю. Зінченко, “Лінеаризуюче керування відпрацюванням кутової швидкості та початкова ідентифікація параметрів синхронної явнопольсної машини зі збудженням від постійних магнітів,” Вісник НТУ “ХП”, 2019.

2. Rodkin D., Zinchenko O., Peresada S., Survey Of The Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Models Considering Saturation And Crossmagnetization, Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів "СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ", НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”, Київ, 2019, ст. 367-371.

3. D. Rodkin, O. Zinchenko, S. Peresada, O. Kiselychnyk, Inductance Determination Of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Considering Saturation, Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів "СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ", НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”, Київ, 2019, ст. 372-377.

4. В. В. Голубев, В. П. Грудська, Л. Ю. Спінул, Г. В., Вещиков, О. Ю. Зінченко, Порівняльний Аналіз Фазових Способів Регулювання Напруги Імпульсних Перетворювачів, Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів "СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ", НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”, Київ, 2017, ст. 673-680.

5. В. С. Федий, В. П. Грудська, В. І. Чибеліс, Г. В. Вещиков, О. Ю. Зінченко, Дослідження Статичного Джерела Реактивної Потужності, Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів "СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ", НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”, Київ, 2016, ст. 385-389.