

Голові спеціалізованої вченої ради
Д64.050.14
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21

ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри систем та процесів управління Національного технічного університету «ХПІ» д.т.н., доцента Успенського Валерія Борисовича на дисертаційну роботу Хоменко Віктора Віталійовича за темою: «Багатокритеріальний синтез систем із анізотропійними регуляторами на основі стохастичної мультиагентної оптимізації», яка подається на здобуття ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – системи та процеси керування

Актуальність теми. Проблема синтезу регулятора, що розглядається в дисертаційній роботі, з одного боку, є класичною, з іншого – має усі атрибути сучасності як за постановкою задачі, так і за обраними методами її розв'язання.

Дійсно, сьогодні до систем керування висуваються, як ніколи, жорсткі вимоги, зокрема, до точності функціонування в штатних та аварійних режимах, якості перехідних процесів, ресурсозбереження системи, надійності та відмовостійкості, тощо. Задовольнити цим вимогам, які, зазвичай, є суперечливі, на підставі традиційних підходів до синтезу керування за зворотнім зв'язком, неможливо. Тому виникає нагальна потреба у створенні

нових методик розробки регуляторів, які у більш повній мірі враховуватимуть такі фактори, як невизначеність або змінність параметрів системи, шкідливість динамічних збурень та вимірювальних завад, можливі фазові обмеження та обмеження на керуючі дії. Шляхом такого враховування нові методики повинні забезпечити високу якість фіункціонування систем керування, їх однаково високу ефективність у різних режимах роботи та зручність проектування подібних систем.

Тема роботи, що розглядається, має, як найменш, чотири елементи, що сприяють її актуалізації. Це, по-перше, вдосконалена модель багатомасової керованої системи з врахуванням нелінійних чинників; по-друге, використання елементів сучасної стохастичної теорії робастних регуляторів; по-третє, оптимізація вибору на основі багатокритеріального підходу і, нарешті, використання та вдосконалення одного з біонічних алгоритмів розв'язання векторної задачі нелінійного програмування. Названі чотири елементи у сукупності роблять дисертаційне дослідження нетривіальним, а позитивні результати, що отримано, значущими.

Таким чином, оскільки дисертаційна робота, що розглядається, спрямована на покращення якості функціонування систем керування складними об'єктами на основі використання новітніх сучасних технологій, то її актуальність безсумнівна. Додамо, що тема пов'язана з планами НДР МОН України «Розробка наукових принципів і методів інтеграції локальних енергозберігаючих систем управління енергетичними об'єктами в загальні автоматизовані системи управління енергоблоками електричних станцій» (ДР № 0115U003273).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.

Використані методи теорії автоматичного керування, методи простору стану для опису роботи систем керування, методи синтезу систем стохастичного робастного керування на підставі мінімізації анізотропійної

норми системи для визначення вектору цілі керування та синтезу анізотропійних регуляторів, аналітичні та чисельні методи оптимізації, багатокритеріальної оптимізації та стохастичної мультиагентної оптимізації є відомими методами. Використні у роботі наукові положення та отримані висновки і рекомендації не суперечать загальним уявленням в сучасній теорії керування. Їхня достовірність підтверджується коректністю використання методів дослідження, позитивними результатами моделювання, експериментальних випробувань та впровадження у виробництво.

Найбільш важливими результатами роботи, що мають наукову новизну, слід вважати:

1) метод синтезу стохастичного робастного керування багатомасовими системами із невизначеними параметрами з використанням анізотропійних регуляторів на основі врахування багатьох критеріїв якості;

2) подальший розвиток методу багатокритеріального синтезу комбінованого стохастичного робастного керування при використанні всієї наявної інформації про задаючі та збурюючі впливи;

3) метод вибору вектора мети стохастичного робастного керування шляхом формування відповідної задачі багатокритеріальної оптимізації – векторного нелінійного математичного програмування;

4) подальший розвиток методу рішення багатокритеріальної задачі нелінійного програмування шляхом побудови множини Парето – оптимальних рішень на основі багатороєвої стохастичної мультиагентної оптимізації.

Практичне значення результатів полягає в розробці інженерної методики багатокритеріального синтезу анізотропійних регуляторів для багатомасових електромеханічних систем із параметричною невизначеністю, яка забезпечує підвищення точності керування.

Основні результати виконаних в дисертації досліджень та практичних розробок, а саме:

- інженерна методика багатокритеріального синтезу анізотропійних регуляторів багатомасових електромеханічних систем;
- інженерна методика формування задач математичного програмування, які необхідні при синтезі стохастичного робастного регулятора;
- результати багатокритеріального синтезу анізотропійних регуляторів та результати експериментальних досліджень багатомасових електромеханічних систем, використані при синтезі, розробці та впровадженні систем автоматизованого управління рухомими об'єктами, технологічними процесами і комплексами науково-виробничим підприємством «Хартрон-Арко» (м. Харків).

Рекомендації щодо використання результатів дисертації. Результати дисертації у вигляді теоретичного обґрунтування, інженерних методик, рекомендацій можуть бути використані у машинобудівній та електроенергетичній галузях при проектуванні систем керування промисловими роботами, оброблювальними верстатами, антенами, сонячними батареями, локаційними системами, системами наведення і стабілізації тощо, а також у відповідних навчальних закладах для вдосконалення курсів з сучасної теорії керування, теорії оптимізації та дослідження операцій.

Повнота відображення результатів у публікаціях. За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, серед яких 14 статей у наукових фахових виданнях України та 2 у матеріалах конференцій.

Зміст автореферату ідентичний до змісту основних положень дисертації та досить повно відображує сутність отриманих результатів.

Оцінка змісту дисертації. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, виконаною і оформленою відповідно до вимог.

Робота містить п'ять розділів.

У першому розділі, присвяченому сучасному стану проблеми, що розглядається, сформульовано вимоги, які зазвичай висуваються до систем керування; обґрунтовується необхідність розгляду для електромеханічних

систем більш складних, а саме багатомасових, моделей з нелінійностями, ще й в умовах неповної визначеності параметрів; досліджено розвиток методів керування від оптимальних до робастних з вказівкою їх переваг та недоліків та розглянуто методи вирішення задач багатокритеріальної оптимізації. На підставі проведеного аналізу сформульовано цілі та задачі дослідження та обрано основні шляхи їх розв'язання.

Другий розділ присвячено математичним моделям багатомасових електромеханічних систем. Зокрема, наведено моделі двомасової та тримасової електромеханічної системи, які містить також і нелінійні компоненти, пов'язані із тертям, вказано про необхідність врахування таких компонент у разі побудови високоточної системи. Розглянуто різні за структурою засоби завдання збуреності параметрів моделі. Для електромеханічних систем сформульовано лінеаризовану задачу синтезу анізотропійного регулятора за умов мінімізації анізотропійної норми вектору цілі та інтерпретації параметричних збурень, як зовнішніх.

Третій розділ дисертації присвячено багатокритеріальному синтезу анізотропійних регуляторів електромеханічних систем з параметричною невизначеністю. Тут, по суті, вперше теоретично обґрунтовано, що при деяких передумовах та припущеннях можливо задачу багатокритеріальної оптимізації вирішити шляхом відповідного вибору вектору цілі робастного керування. Це дозволяє задачу багатокритеріального синтезу звести до векторної задачі нелінійного програмування з обмеженнями. Наступним результатом, відображеним у розділі, є опис алгоритму обчислення цільової функції, який, зокрема, передбачає також процедуру обчислення параметрів анізотропійного регулятора, що входить у склад системи та, власно, забезпечує виконання цілі керування. Додатково розглянуто також спосіб підвищення точності керування за рахунок багатокритеріального синтезу комбінованих систем з анізотропійними регуляторами при наявності інформації щодо задаючих та збурюючих впливів.

У четвертому розділі ретельно розглянуто різні методи розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації, визначено їх переваги та недоліки, вказано, що в задачі, яка розглядається, найбільш критичним є кількість обчислень векторної цільової функції, так як це здійснюється багаторазовим інтегруванням системи та обчисленням коефіцієнтів анізотропійного регулятора, а це є досить складною процедурою. Тому для розв'язання задачі нелінійного програмування з обмеженнями обрано один із біонічних алгоритмів – алгоритм роевої оптимізації, вдосконалений автором з оглядом на умови багатокритеріальної задачі. В розділі детально описано загальну стратегію пошуку та введені особливі елементи, пов'язані із визначенням головного критерію та пошуком в цих умовах глобального естремуму. Для демонстрації працездатності алгоритму наведені результати чисельного моделювання, з яких витікає ефективність багатокритеріального синтезу анізотропійних регуляторів у порівнянні із типовими регуляторами.

П'ятий розділ присвячено експериментальним дослідженням динаміки двомасового стенду електромеханічної системи у різних режимах керування, керованої за допомогою розроблених та типових регуляторів. Текст містить опис стенду та стратегії експерименту. Наведено досить переконливі результати, які свідчать про переваги розробленого анізотропійного регулятора перед типовим. Отримано середній вигреш в 2-4 рази анізотропійного регулятора перед типовим за різними практично значущими критеріями: точністю, часом першого узгодження.

Додаток містить акти впровадження результатів дослідження автора дисертаційної роботи.

Зауваження та недоліки:

1) обрана автором стратегія вибору параметрів регулятора за критерієм мінімуму анізотропійної норми вектору цілі, вочевидь, не є єдино можливою. Безперечно, таким регуляторам притаманні робастні властивості, тобто слабка чутливість до змінних параметрів системи та збурень. Але є, як мінімум, два

суттєвих недоліка: використання емпіричного показника межі анізотропійної норми зовнішніх збурень, а також складна чисельна процедура обчислення параметрів регулятора. У цьому зв'язку є таке зауваження: в роботі не чітко доведені переваги анізотропійних регуляторів перед традиційними регуляторами за повним вектором стану, які синтезовані, наприклад, за модальними принципами. Приведені у роботі порівняння із так званим типовим регулятором стосуються пропорційного регулятора, який не є регулятором за повним вектором стану;

2) самий зміст анізотропійних регуляторів, на відміну від H_2 - або H_∞ -оптимального керування, полягає в тому, що вони забезпечують мінімальну анізотропійну норму замкненої системи або її виходу в умовах, коли показник середньої анізотропії, або «забарвленість», вхідних збурень не перевищує деякого апріорі заданого показника $a > 0$. У зв'язку з цим розглянемо задачу керування системою в умовах невизначеності її параметрів та, умовно кажучи, при відсутності зовнішніх збурень. Тоді використання анізотропійних регуляторів означає, що параметричні збурення, інтерпретовані, як зовнішні, носять стохастичний характер і мають відповідні спектральні властивості. Таке твердження здається некоректним, тому що невизначеність параметрів не означає їхню стохастичну природу. Особливо, коли йдеться про конкретну реалізацію процесу керування. У зв'язку з цим наступне зауваження: якщо застосування анізотропійних регуляторів цілком доречно і якимось обґрунтовано в умовах зовнішніх випадкових збурень із специфічним «зафарбленим» спектром, то для параметричних збурень ефективність їхнього використання є цілком евристична, тобто витікає тільки із позитивного практичного досвіду і не має об'єктивного підґрунтя;

3) було б доцільним в роботі будь-яким чином обговорити питання існування та єдиності рішення поставленої задачі, або умови, за яких це має місце;

4) не наведено показників ефективності використаного автором алгоритму багатороевої стохастичної мультиагентної оптимізації у порівнянні з будь-яким іншим алгоритмом оптимізації;

5) при розв'язанні задачі багатокритеріального синтезу в цілях визначення бінарних відносин між локальними критеріями передбачається використання так званої «особи, що приймає рішення». Не зрозуміло, чи залежить кінцева ефективність рішення задачі у цілому від кваліфікації такої особи? Чи були спроби формалізувати таку процедуру?

6) другий розділ є перевантаженим формулами, які безпосередньо не використовуються для розв'язання задачі. Було б краще, при необхідності, загальні відомості про норми сигналів, властивості анізотропійної норми та т.і. винести у додаток, тому що в тексті вони ускладнюють розуміння основних кроків дослідження;

7) на жаль, в кінці підрозділів відсутні локальні висновки у вигляді стверджень за зразком: «Таким чином, ...». Такі висновки підкреслюють основні тези, викладені у підрозділі, та сприятимуть кращому розумінню логіки дослідження;

8) у тексті де інде зустрічаються «загальні місця», повтори, стилістичні неточності. Інколи поряд із формулами відсутні пояснення змінних, що використано. Є також помилки пунктуації.

Висновки. Дисертація Хоменко Віктора Віталійовича «Багатокритеріальний синтез систем із анізотропійними регуляторами на основі стохастичної мультиагентної оптимізації» є завершеною науково-дослідною роботою, що містить нове вирішення актуальної наукової задачі підвищення точності керування багатомасовими електромеханічними системами з невизначеними параметрами на основі багатокритеріального підходу до стохастичних робастних методів. Її зміст відповідає паспорту спеціальності 05.13.03 - системи та процеси керування. Робота виконана на достатньо високому рівні, має наукову новизну та практичну значимість,

відповідає вимогам п.п.9,11,12 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567, щодо кандидатських дисертацій, а її автор Хоменко Віктор Віталійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент
професор кафедри систем та процесів
управління Національного технічного
університету «Харківський політехнічний
інститут», доктор технічних наук, доцент

« » _____ 2016р.

Успенський В.Б.

