

ДОСЛІДЖЕННЯ КЕРУВАННЯ ПРОСТОРОВО–РОЗПОДІЛЕНИМИ СИСТЕМАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація: Досліджено роботу структурних властивостей оптимального керування просторово-розподілених систем, що складаються з великої кількості неоднорідних, лінійних систем керування. Ці системи з'єднані між собою за допомогою просторово-орієнтованої автоматизованої системи керування алгоритм роботи якої використовує математичний апарат залежних функцій зв'язку довільних графів.

В статті проаналізовано властивості різних (лінійних, квадратичних) оптимізуючих контролерів для розподільних мереж з відновлюваними джерелами енергії а також досліджено приклади використання оператора Ляпунова та Риккати. Доведено, що ядро оптимального зворотного зв'язку кожної локальної підсистеми, розкладається на просторові області, які залежать від відповідної сукупності функцій системи.

Ключові слова: розосереджені джерела електричної енергії, локальні електричні системи, просторово-розподілені системи, відновлювальні джерела енергії.

Abstract: Work investigated the structural properties of optimal control of spatially distributed systems consisting of a large number of heterogeneous, linear control systems. These systems are interconnected by means of space-oriented automated control system algorithm which uses a mathematical device communication arbitrary functions dependent graphs.

The article analyzes the various properties (linear, quadratic) controllers for optimizing distribution networks from renewable energy sources as well investigated examples of Lyapunov and Riccati operator. It is proved that the core of optimum feedback each local subsystem decomposed is given to areas that depend on the respective set of system functions.

Keywords: dispersed source of electricity, the local electrical system, spatially distributed systems, renewable energy sources.

Вступ

Аналіз і синтез систем керування розподіленим генеруванням та алгоритмів керування нею в динамічних розподільних електричних мережах свідчить проте що такі системи керування та алгоритми їх функціонування використовують методи та засоби теорії автоматичного керування.

У відомих дослідженнях розглядаються проблеми оптимального керування просторово-розподіленими системами які мають симетричну просторову структуру [1]. Так під час оптимального керування режимами ЛЕС можна використовувати просторове перетворення Фур'є для дослідження методів та засобів оптимального керування лінійними просторово-інваріантними системами зі стандартом \mathcal{H}_2 , а також критерії \mathcal{H}_∞ . Відомо, що проблеми оптимального керування просторово-розподіленими системами можуть бути вирішені з використання методів рішення параметризованих скінчено-вимірних завдань за допомогою Фур'є перетворення.

Автоматизовані системи оптимального керування режимами ЛЕС мають ті самі властивості, що і автоматизовані (базові) системи керування режимами розподільних електричних мереж (РЕМ). Так можна використовувати поняття квадратичної нечутливості для великої кількості обмежень як це запропоновано в [2] (наприклад, обмеження на кількість зв'язків споживача з джерелами електричної енергії та з системою автоматизованого керування режимами ЛЕС і ВДЕ).

Результати дослідження

Проаналізуємо просторові структури множини меж оптимального керування просторово розподіленими системами.

В неоднорідних системах з довільною просторовою структурою квадратично-оптимальні системи керування успадковують ту ж просторову структуру, яка є у головних систем керування. Ключовим моментом [1] є те, що системи, не завжди є просторово інваріантними і відповідні оператори не є будь-якою сукупністю інваріант. Просторові структури [1] мають локальні компактні групи (LCA) [3], наприклад, $(\mathbb{Z}, +)$ і (\mathbb{Z}_n, \oplus) .

Тому, при створенні групи, мають використовуватись правила утворення визначених груп. Однак, коли зміни окремих підсистем не однакові, і просторова структура містить не симетричні LCA групи, тоді стандартні інструменти такі, як Фур'є-аналіз не можуть бути використані для аналізу системи керування.

Для вирішення цієї проблеми, вводиться новий клас лінійних операторів, під назвою просторово-розподілені оператори (spatially decaying (SD) operator), як продовження лінійного перетворення інваріантних операторів. Такі оператори демонструють поведінку локальної системи в просторовій області.

Норма блоків в множині представлена шляхом розкладання множини на групи в просторі множини. Виявляється що зв'язок між підсистемами (групами) в багатьох відомих автоматичних системах контролю та керування характеризуються просторово-розподіленим оператором.

Лінійна система керування називається просторово затухаючою, якщо операторами зв'язку між блоками представленого простору є просторово-розподілені оператори.

Оптимальні системи керування просторово-розподіленими операторами і просторово локалізовані блоки при оптимальному керуванні здійснюють приріст підсистем, які розташовуються "далі" від заданої системи і зменшуються в просторі. Це дозволяє отримати, по суті локалізовану підсистему.

Висновки

Методи виділення блоків в початковій множині, можуть бути використані для аналізу просторової структури більш широкої кількості систем оптимального керування, таких, наприклад, як систем обмеженого, кінцевого контролю меж множин або моделей інтелектуального керування просторово-розподілених систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. B. Bamieh, F. Paganini, and M. A. Dahleh, "Distributed control of spatially invariant systems," IEEE Trans. Automatic Control, vol. 47, no. 7, pp. 1091–1107, 2002.
2. M. Rotkowitz and S. Lall, "A characterization of convex problems in decentralized control," IEEE Tran. on Automatic Control, vol. 51, no. 2, pp. 274 – 286, 2006.
3. W. Rudin, Fourier Analysis on Groups. Interscience, 1962.

Матвеев Андрій Олександрович — студент групи 1E-13Б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrej_m2000@ukr.net;

Науковий керівник: *Олександр Євгенійович Рубаненко* — канд. техн. наук, доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Andrii O. Matveev – Faculty electricity and electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsa, e-mail: andrej_m2000@ukr.net;

Supervisor: *Alexander E. Rubanenko* - Candidate. Sc. Associate Professor, Department of Electric Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsa.