

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

NGUYỄN NAM MINH

PHÂN TÍCH CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN BỀN VỮNG
CHO CÁC HỆ TUYẾN TÍNH PHỤ THUỘC AFFINE
THEO THAM SỐ BIẾN ĐỔI

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
NGÀNH TỰ ĐỘNG HÓA

THÁI NGUYÊN 2020

Lời cam đoan

Tôi xin cam đoan rằng bản luận án này là thành quả nghiên cứu của bản thân tôi dưới sự hướng dẫn của TS. Nguyễn Tiến Hưng - Khoa Quốc tế, trường Đại học Kỹ thuật Công Nghiệp, Đại học Thái Nguyên. Kết quả nghiên cứu của luận án là trung thực và chưa được công bố trên bất cứ một công trình nào khác.

Thái Nguyên, ngày 20 tháng 9 năm 2020

Tác giả

Nguyễn Nam Minh

Lời cảm ơn

Mục lục

1 Bộ điều khiển gain scheduling H_∞	5
1.1 Hệ thống và hệ thống động học tuyến tính	5
1.2 Tính ổn định của hệ tuyến tính	6
1.2.1 Khái niệm về tính ổn định của một hệ tuyến tính	6
1.2.2 Ma trận xác định dương	7
1.2.3 Bất đẳng thức ma trận tuyến tính	7
1.2.4 Chuẩn H_∞	8
1.2.5 Bất đẳng thức Lyapunov	8
1.2.6 Bổ đề chặn biên	9
1.2.7 Bổ đề bù Schur	9
1.2.8 Phép biến đổi tương đẳng	9
1.2.9 Quan hệ giữa tính ổn định của hệ và hàm truyền đạt	9
1.2.10 Quan hệ giữa các đặc tính của tín hiệu trong miền thời gian và miền tần số	10
1.2.11 Quan hệ giữa các đặc tính của hệ thống trong miền thời gian và miền tần số	10
1.3 Hệ tuyến tính với các tham số bất định	11
1.3.1 Hàm tuyến tính và hàm affine	11
1.3.2 Hệ thống điều khiển phản hồi	11
1.3.3 Hệ thống điều khiển phụ thuộc tham số biến đổi	13
1.3.4 Hệ thống phụ thuộc affine theo tham số	14
1.3.5 Biến đổi phân thức tuyến tính	15
1.4 Thiết kế bộ điều khiển gain scheduling H_∞	16
1.4.1 Đối với hệ phụ thuộc tham số biến đổi	16
1.4.2 Đối với hệ phụ thuộc affine theo tham số	22
1.5 Kết luận chương 1	23
2 Phân tích ổn định bền vững của hệ thống phụ thuộc affine theo tham số biến đổi	24
2.1 Mô tả hệ kín với thành phần bất định	25
2.2 Phân tích ổn định bền vững	27
2.2.1 Cấu trúc đơn giản hóa	27
2.2.2 Rút gọn về kiểm tra trên trục ảo	28

2.2.3	Nguyên lý kiểm tra tính ổn định bền vững.....	29
2.3	Kiểm tra tính ổn định bền vững	29
2.3.1	Định lý small gain	29
2.3.2	Giá trị suy biến cấu trúc	31
2.4	Kết luận chương 2	32
3	Khảo sát ổn định bền vững của hệ thống điều khiển máy phát nguồn kép	33
3.1	Mô hình toán học của DFIM.....	33
3.2	Thiết kế bộ điều khiển Gain-scheduling cho mạch vòng dòng điện rotor	34
3.2.1	Cấu trúc của hệ thống điều khiển	36
3.2.2	Tổng hợp bộ điều khiển gain scheduling	38
3.3	Biểu diễn LFT của DFIM với các thành phần bất định	39
3.3.1	Biểu diễn LFT với thành phần bất định là điện cảm rotor	40
3.3.2	Biểu diễn LFT với thành phần bất định là điện cảm hồ cảm	42
3.3.3	Biểu diễn LFT với thành phần bất định là điện cảm stator.....	46
3.4	Kết quả mô phỏng	51
3.5	Kết luận chương 3	56
A	Các tham số của DFIM	60

Danh sách hình vẽ

1.1	Hệ thống điều khiển kín	12
1.2	Biểu diễn LFT trên (a) và dưới (b)	15
2.1	Mô hình chuẩn cho phân tích ổn định bền vững	24
2.2	Hệ kín với thành phần bất định	25
2.3	Các thành phần hệ của hệ bất định	27
2.4	Cấu trúc hệ thống điều khiển phản hồi kinh điển	29
2.5	Hệ tương tác kín	31
3.1	Biểu diễn LFT của hệ	35
3.2	Cấu trúc của hệ kín trong thiết kế H_∞	36
3.3	Quá trình quá độ của dòng điện và điện áp	39
3.4	Các đáp ứng tần số ứng với 10 tốc độ góc ω_m thay đổi trong khoảng $\pm 30\%$ giá trị tốc độ góc đồng bộ ω_s . Đầu ra i_{rd}, i_{rq} theo giá trị đặt i_{rd}^{ref} (a); đầu ra i_{rq}, i_{rd} theo giá trị đặt i_{rq}^{ref} (b); sai lệch điều khiển e_{rd}, e_{rq} theo giá trị đặt i_{rd}^{ref} (c) và sai lệch điều khiển e_{rq}, e_{rd} theo giá trị đặt i_{rq}^{ref} (d)	52
3.5	Các đáp ứng tần số ứng với 10 tốc độ góc ω_m thay đổi trong khoảng $\pm 30\%$ giá trị tốc độ góc đồng bộ ω_s . Đầu ra i_{rd}, i_{rq} theo giá trị đặt i_{rd}^{ref} (a); đầu ra i_{rq}, i_{rd} theo giá trị đặt i_{rq}^{ref} (b); sai lệch điều khiển e_{rd}, e_{rq} theo giá trị đặt i_{rd}^{ref} (c) và sai lệch điều khiển e_{rq}, e_{rd} theo giá trị đặt i_{rq}^{ref} (d)	53
3.6	Các đáp ứng trong miền thời gian ứng với 10 tốc độ góc ω_m thay đổi trong khoảng $\pm 30\%$ giá trị tốc độ góc đồng bộ ω_s . Đầu ra i_{rd}, i_{rq} theo giá trị đặt i_{rd}^{ref} (a); đầu ra i_{rq}, i_{rd} theo giá trị đặt i_{rq}^{ref} (b); sai lệch điều khiển e_{rd}, e_{rq} theo giá trị đặt i_{rd}^{ref} (c) và sai lệch điều khiển e_{rq}, e_{rd} theo giá trị đặt i_{rq}^{ref} (d)	54
3.7	Phân tích giá trị suy biến cấu trúc ứng với sự thay đổi của điện cảm hồ cảm L_m	55
3.8	Phân tích giá trị suy biến cấu trúc ứng với sự thay đổi của điện cảm hồ cảm L_s	56
3.9	Phân tích giá trị suy biến cấu trúc ứng với sự thay đổi của điện cảm hồ cảm L_r	56

Danh mục các từ viết tắt

Ký hiệu	Ý nghĩa
BRL	Bổ đề chặn biên (<i>Bounded Real Lemma</i>)
LFT	Biến đổi tách tuyến tính (<i>Linear Fractional Transformation</i>)
LMI	Bất đẳng thức ma trận tuyến tính (<i>Linear Matrix Inequality</i>)
LPV	Hệ có tham số biến đổi tuyến tính (<i>Linear Parameter Varying</i>)
LTI	Hệ tuyến tính bất biến (<i>Linear Time-Invariant</i>)

Danh mục các ký hiệu

Ký hiệu	Ý nghĩa
$conv$	Tập lồi (<i>convex</i>)
I_4	Ma trận đơn vị 4×4
Z_4	Ma trận zero 4×4
\mathbb{R}	tập hợp các số thực
\mathbb{C}	tập hợp các số phức
\mathbb{R}^m	tập hợp các vector thực có m phần tử
$\mathbb{R}^{m \times n}$	tập hợp các ma trận thực có m hàng, n cột

Mở đầu

Tính cấp thiết của đề tài

Trong thực tế, một số hệ thống động học có các ma trận trong hệ phương trình trạng thái phụ thuộc theo các tham số biến đổi theo thời gian. Nếu các ma trận này phụ thuộc affine theo các tham số đó thì có thể sử dụng các phương pháp hiệu quả để cấu trúc lại hệ thống theo hướng tạo thành các tổ hợp tập lồi. Khi các giá trị của các tham số biến đổi có thể đo được trong thời gian thực thì các giá trị tức thời của chúng có thể được sử dụng khi thiết kế các bộ điều khiển gain-scheduling từ việc nội suy từ một số bộ điều khiển tuyến tính dùng được thiết kế tại các đỉnh của tập lồi. Các bộ điều khiển được thiết kế theo phương pháp này có thể đảm bảo chất lượng điều khiển của hệ thống kín trong toàn bộ không gian biến thiên cho trước của các tham số biến đổi.

Tuy nhiên, việc đánh giá tính ổn định của hệ thống đối với các tham số còn lại của hệ thống (các tham số không đo được) thì vẫn còn chưa được chú ý nhiều. Vì vậy, đề tài này sẽ tập trung theo hướng "Phân tích chất lượng điều khiển bền vững cho các hệ tuyến tính phụ thuộc affine theo tham số biến đổi".

Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là các hệ tuyến tính phụ thuộc affine theo tham số biến đổi.

Phạm vi nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết điều khiển bền vững trong không gian, kỹ thuật gain scheduling cho các hệ thống có tham số biến đổi tuyến tính, phụ thuộc affine và có thể đo được trong thời gian thực.
- Phân tích ổn định bền vững của hệ kín sử dụng phép phân tích giá trị suy biến.
- Áp dụng kết quả nghiên cứu cho một đối tượng cụ thể là máy phát điện không đồng bộ nguồn kép.

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

- Tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện thuật toán điều khiển cho các hệ thống có tham số biến đổi tuyến tính.
- Nghiên cứu áp dụng phương pháp đánh giá chất lượng ổn định bền vững của hệ kín khi các tham số không đo được thay đổi giá trị.
- Kiểm nghiệm thuật toán điều khiển thông qua tính toán trên phần mềm Matlab và mô phỏng trong môi trường Simulink.

Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết cơ bản, mô hình hóa hệ thống, áp dụng các lý thuyết đã phát triển để thiết kế các bộ điều khiển và đánh giá chất lượng ổn định của toàn hệ thống.
- Sử dụng các công cụ toán học và phần mềm Matlab để thử nghiệm các thuật toán, mô phỏng hệ thống. Đánh giá, so sánh các kết quả lý thuyết, kết quả mô phỏng.

Bố cục của luận văn

Luận văn gồm 5 chương. Chương 1 là phần tổng quan về đề tài nghiên cứu. Chương 2 đề cập việc tổng hợp bộ điều khiển gain-scheduling cho các hệ tuyến tính phụ thuộc affine theo tham số biến đổi. Chương 3 sẽ dành cho việc phân tích chất lượng ổn định bền vững của một hệ thống điều khiển tuyến tính. Chương 4 trình bày về điều khiển bền vững cho một hệ thống máy phát điện nguồn kép. Chương 5 là một số kết luận và kiến nghị.