ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ



Họ và Tên

TÊN KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

Ngành: Công nghệ kỹ thuật Cơ điện tử

HÀ NỘI - 2021

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Họ và Tên

TÊN KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

Ngành: Công nghệ kỹ thuật Cơ điện tử

Cán bộ hướng dẫn: TS. Nguyễn Ngọc Linh

Cán bộ đồng hướng dẫn:

HÀ NỘI – 2019

LỜI CẢM ƠN

*Hà Nội, ngày tháng năm 2021*

*Sinh viên*

LỜI CAM ĐOAN

*Hà Nội, ngày tháng năm 2021*

*Người cam đoan*

**TÊN KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP**

**Họ và Tên**

*Khóa QH-2017-I/CQ, Ngành Công nghệ kỹ thuật Cơ điện tử*

***Tóm tắt khóa luận tốt nghiệp:***

***Từ khóa:***

MỤC LỤC

[LỜI CẢM ƠN i](#_Toc67340033)

[LỜI CAM ĐOAN ii](#_Toc67340034)

[MỤC LỤC iv](#_Toc67340035)

[Danh mục hình ảnh ix](#_Toc67340036)

[Danh mục bảng x](#_Toc67340037)

[Mở đầu 1](#_Toc67340038)

[Chương 1 Tổng quan 1](#_Toc67340039)

[1.1 Khái niệm điều khiển 1](#_Toc67340040)

[1.2 Hệ thống điều khiển 1](#_Toc67340041)

[1.3 Các bài toán thường gặp trong lĩnh vực điều khiển tự động 1](#_Toc67340042)

[1.4 Các nguyên tắc điều khiển 1](#_Toc67340043)

[1.4.1 Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi 1](#_Toc67340044)

[1.4.2 Nguyên tắc 2: Nguyên tắc đa dạng tương xứng 2](#_Toc67340045)

[1.4.3 Nguyên tắc 3: Nguyên tắc bổ sung ngoài 2](#_Toc67340046)

[1.4.4 Nguyên tắc 4: Nguyên tắc dự trữ 2](#_Toc67340047)

[1.4.5 Nguyên tắc 5: Nguyên tắc phân cấp 2](#_Toc67340048)

[1.4.6 Nguyên tắc 6: Nguyên tắc cân bằng nội 2](#_Toc67340049)

[1.5 Phân loại hệ thống điều khiển 2](#_Toc67340050)

[1.5.1 Phân loại theo mạch phản hồi 2](#_Toc67340051)

[1.5.2 Phân loại theo đặc điểm mô tả toán học 3](#_Toc67340052)

[1.5.3 Phân loại theo mục tiêu điều khiển 3](#_Toc67340053)

[1.5.4 Phân loại theo dạng năng lượng sử dụng 4](#_Toc67340054)

[1.5.5 Phân loại theo số lượng ngõ vào, ra 4](#_Toc67340055)

[1.6 Sơ lược lịch sử phát triển lý thuyết điều khiển 4](#_Toc67340056)

[1.6.1 Điều khiển kinh điển (Classical Control – trước 1960) 4](#_Toc67340057)

[1.6.2 Điều khiển hiện đại (Modern Control – sau 1960 đến nay) 5](#_Toc67340058)

[1.6.3 Điều khiển thông minh (Intelligent Control) 5](#_Toc67340059)

[1.7 Một số ví dụ 5](#_Toc67340060)

[Chương 2 Mô tả toán học phần tử và hệ thống liên tục 6](#_Toc67340061)

[2.1 Mô hình phương trình vi phân 6](#_Toc67340062)

[2.2 Hàm truyền 6](#_Toc67340063)

[2.2.1 Phép biến đổi Laplace 6](#_Toc67340064)

[2.2.2 Hàm truyền 6](#_Toc67340065)

[2.2.3 Hàm truyền của các khâu vật lý điển hình 7](#_Toc67340066)

[2.2.4 Ứng dụng giải nghiệm phương trình vi phân 11](#_Toc67340067)

[2.3 Sơ đồ khối 11](#_Toc67340068)

[2.3.1 Các khái niệm 11](#_Toc67340069)

[2.3.2 Đại số sơ đồ khối 11](#_Toc67340070)

[2.4 Sơ đồ dòng tín hiệu – Graph tín hiệu 12](#_Toc67340071)

[2.4.1 Các khái niệm 12](#_Toc67340072)

[2.4.2 Đại số graph tín hiệu 13](#_Toc67340073)

[2.4.3 Công thức Mason 13](#_Toc67340074)

[2.4.4 Sự tương quan giữa sơ đồ khối và graph tín hiệu 14](#_Toc67340075)

[2.5 Mô hình phương trình trạng thái 14](#_Toc67340076)

[2.5.1 Các khái niệm 14](#_Toc67340077)

[2.5.2 Thành lập hệ phương trình trạng thái từ phương trình vi phân 15](#_Toc67340078)

[2.5.3 Thành lập hệ phương trình trạng thái từ hàm truyền và sơ đồ khối 17](#_Toc67340079)

[2.5.4 Nghiệm của hệ phương trình trạng thái 17](#_Toc67340080)

[Chương 3 Đặc tính động học của hệ thống 18](#_Toc67340081)

[3.1 Các khái niệm 18](#_Toc67340082)

[3.1.1 Tín hiệu thử 18](#_Toc67340083)

[3.1.2 Đặc tính thời gian 19](#_Toc67340084)

[3.1.3 Đặc tính tần số 20](#_Toc67340085)

[3.2 Đặc tính động học của các khâu điển hình 23](#_Toc67340086)

[3.2.1 Khâu tỉ lệ (khâu khuếch đại) 24](#_Toc67340087)

[3.2.2 Khâu quán tính bậc nhất 24](#_Toc67340088)

[3.2.3 Khâu bậc hai 24](#_Toc67340089)

[3.2.4 Khâu tích phân lý tưởng 24](#_Toc67340090)

[3.2.5 Khâu vi phân lý tưởng 24](#_Toc67340091)

[3.2.6 Khâu tích phân – quán tính bậc nhất 24](#_Toc67340092)

[3.2.7 Khâu vi phân bậc 1 24](#_Toc67340093)

[3.2.8 Khâu trễ 24](#_Toc67340094)

[3.3 Đặc tính động học của hệ thống tự động 24](#_Toc67340095)

[3.3.1 Đặc tính thời gian của hệ thống 24](#_Toc67340096)

[3.3.2 Đặc tính tần số của hệ thống 25](#_Toc67340097)

[Chương 4 Tính ổn định của hệ thống 27](#_Toc67340098)

[4.1 Các khái niệm 27](#_Toc67340099)

[4.2 Tiêu chuẩn ổn định đại số 27](#_Toc67340100)

[4.2.1 Điều kiện cần 27](#_Toc67340101)

[4.2.2 Tiêu chuẩn Routh 27](#_Toc67340102)

[4.2.3 Tiêu chuẩn Hurwitz 27](#_Toc67340103)

[4.3 Tiêu chuẩn ổn định tần số 28](#_Toc67340104)

[4.3.1 Nguyên lý góc quay 28](#_Toc67340105)

[4.3.2 Tiêu chuẩn Mikhailov 28](#_Toc67340106)

[4.3.3 Tiêu chuẩn Nyquist 28](#_Toc67340107)

[4.3.4 Độ dự trữ ổn định 28](#_Toc67340108)

[4.3.5 Ổn định của hệ thống có khâu trễ 28](#_Toc67340109)

[4.4 Phương pháp quỹ đạo nghiệm số 28](#_Toc67340110)

[4.4.1 Khái niệm 28](#_Toc67340111)

[4.4.2 Quy tắc xây dựng quỹ đạo nghiệm 28](#_Toc67340112)

[Chương 5 Phân tích chất lượng hệ thống điều khiển 29](#_Toc67340113)

[5.1 Các khái niệm 29](#_Toc67340114)

[5.1.1 Khái niệm về chất lượng hệ thống 29](#_Toc67340115)

[5.1.2 Các chỉ tiêu chất lượng 29](#_Toc67340116)

[5.2 Đánh giá sai số xác lập 30](#_Toc67340117)

[5.2.1 Tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị 30](#_Toc67340118)

[5.2.2 Tín hiệu vào là hàm dốc đơn vị 31](#_Toc67340119)

[5.2.3 Tín hiệu vào là hàm parabol 31](#_Toc67340120)

[5.3 Phân tích đáp ứng quá độ 32](#_Toc67340121)

[5.3.1 Đáp ứng quá độ của hệ quán tính bậc nhất 32](#_Toc67340122)

[5.3.2 Đáp ứng quá độ của hệ bậc hai có dao động tắt dần 32](#_Toc67340123)

[5.3.3 Đáp ứng quá độ của hệ bậc cao 33](#_Toc67340124)

[5.4 Các tiêu chuẩn tối ưu hóa đáp ứng quá độ 34](#_Toc67340125)

[5.4.1 Tiêu chuẩn tích phân sai lệch IE (Integrated Error) 34](#_Toc67340126)

[5.4.2 Tiêu chuẩn tích phân trị tuyệt đối biên độ sai lệch IAE (Integrated of the Absolute magnitude of the Error) 34](#_Toc67340127)

[5.4.3 Tiêu chuẩn tích phân của bình phương sai lệch ISE (Integrated of the Square of the Error) 34](#_Toc67340128)

[5.4.4 Tiêu chuẩn ITAE (Integrated of Time multiplied by the Absolute Value of the Error) 34](#_Toc67340129)

[5.4.5 Tiêu chuẩn ITSE (Integrated of Time multiplied by the Square of the Error) 35](#_Toc67340130)

[5.4.6 Tiêu chuẩn tích phân có tính đến ảnh hưởng của tốc độ thay đổi của sai lệch e(t) 35](#_Toc67340131)

[5.5 Đánh giá chất lượng quá trình quá độ theo đặc tính tần số của hệ thống 35](#_Toc67340132)

[Chương 6 Thiết kế hệ thống điều khiển 36](#_Toc67340133)

[6.1 Các khái niệm 36](#_Toc67340134)

[6.2 Thiết kế hệ thống điều khiển nối tiếp 36](#_Toc67340135)

[6.2.1 Ảnh hưởng của các bộ điều khiển đến chất lượng của hệ thống 36](#_Toc67340136)

[6.2.2 Thiết kế bộ điều khiển PID 36](#_Toc67340137)

[6.3 Thiết kế hệ thống điều khiển hồi tiếp trạng thái 36](#_Toc67340138)

[6.3.1 Điều khiển hồi tiếp trạng thái 36](#_Toc67340139)

[6.3.2 Tính điều khiển được và quan sát được 37](#_Toc67340140)

[6.3.3 Phương pháp phân bố cực 37](#_Toc67340141)

[Chương 7 Hệ thống điều khiển rời rạc 38](#_Toc67340142)

[7.1 Giới thiệu chung 38](#_Toc67340143)

[7.1.1 Khái niệm 38](#_Toc67340144)

[7.1.2 Khâu lấy mẫu tín hiệu 38](#_Toc67340145)

[7.1.3 Khâu giữ dữ liệu 39](#_Toc67340146)

[7.2 Mô tả toán học hệ thống rời rạc 40](#_Toc67340147)

[7.2.1 Sai phân của hàm rời rạc và phương trình sai phân 40](#_Toc67340148)

[7.2.2 Hàm truyền hệ thống rời rạc 40](#_Toc67340149)

[7.2.3 Mô hình trạng thái hệ rời rạc 40](#_Toc67340150)

[7.2.4 Lập phương trình trạng thái từ hàm truyền 40](#_Toc67340151)

[7.3 Phân tích hệ thống điều khiển rời rạc 41](#_Toc67340152)

[7.3.1 Tính ổn định của hệ thống rời rạc 41](#_Toc67340153)

[7.3.2 Phương pháp quỹ đạo nghiệm số 42](#_Toc67340154)

[7.3.3 Chất lượng hệ thống rời rạc 43](#_Toc67340155)

[7.4 Thiết kế hệ thống điều khiển rời rạc 44](#_Toc67340156)

[7.4.1 Khái niệm 44](#_Toc67340157)

[7.4.2 Thiết kế bộ điều khiển PID 44](#_Toc67340158)

[7.4.3 Thiết kế dùng bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái 46](#_Toc67340159)

[Phụ lục 47](#_Toc67340160)

Danh mục hình ảnh

Danh mục bảng

Mở đầu

Tính cấp thiết của đề tài

Trong cuộc sống hiện đại, các loại máy điện đã trở nên rất phổ biến, trong đó động cơ điện là một trong những loại máy điện thông dụng nhất và được ứng dụng nhiều nhất. Do động cơ điện một chiều DC vẫn còn những nhược điểm khi sử dụng bộ chỉnh lưu cơ khí với tuổi thọ không cao và tiềm ẩn nguy cơ cháy nổ, thay vào đó động cơ một chiều không chổi than BLDC (Brushless DC motor) được sử dụng nhiều hơn do sử dụng bộ chuyển mạch điện tử thay cho bộ cổ góp – chổi than với ưu điểm là ít cần bảo dưỡng và tốc độ, hiệu suất cao.

Để điều khiển được động cơ BLDC cần xây dựng được một bộ điều khiển mạch điện tử riêng biệt dựa trên vị trí rotor. Vì vậy điều kiện tiên quyết đó là xây dựng được các phương pháp điều khiển động cơ BLDC.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Từ nhu cầu và lợi ích của việc sử dụng động cơ một chiều không chổi than BLDC trong thực tế, tìm hiểu và xây dựng phương pháp điều khiển có giúp ta có kiến thức cơ bản khi thực hiện các ứng dụng sử dụng động cơ BLDC.

Việc sử dụng các phần mềm mô phỏng như MATAB giúp cho quá trình thực nghiệm, có thể trực tiếp quan sát quá trình hoạt động, các thông số và đặc tính của động cơ để có cơ sở dẫn đến thực nghiệm. Giảm đáng kể thời gian, công sức và kinh tế.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

Động cơ một chiều không chổi than BLDC, bộ điều khiển động cơ dựa trên vị trí của rotor.

Phương pháp nghiên cứu:

Dựa trên các lý thuyết về động cơ từ các nguồn tài liệu tham khảo, xây dựng mô hình toán học và mô phỏng các thông số, đặc tính của động cơ BLDC.

Dựa trên mô hình động cơ, áp dụng những lý thuyết điều khiển tự động, điều khiển vòng kín để xây dựng và mô phỏng các phương pháp điều khiển trong môi trường MATLAB Simulink.

Áp dụng các kiến thức về thiết kế mạch điện tử, lâp trình nhúng để thiết kết một bộ điều khiển tốc độ động cơ BLDC không sử dụng cảm biến.

Nội dung nghiên cứu

Tìm hiểu cấu tạo, nguyên lý hoạt động, ưu nhược điểm của động cơ một chiều không chổi than BLDC, từ đó mô hình hóa động cơ, thực hiện mô phỏng động cơ trong môi trường MATLAB Simulink để có thể làm rõ các thông số, đặc tính của động cơ cũng như kiểm chứng mô hình toán học đã xây dựng.

Từ kết quả của quá trình mô hình hóa và mô phỏng, tiến hành tìm hiểu và xây dựng các phương pháp điều khiển. Thực hiện mô phỏng từng phương pháp trong môi trường MATLAB Simulink để quan sát và rút ra phương án cho từng phương pháp.

Tiến hành thiết kế một bộ điều khiển tốc độ động cơ BLDC sử dụng một trong những phương pháp đã xây dựng để kiểm chứng.

Cấu trúc Khóa luận tốt nghiệp:

Khóa luận này bao gồm: Phần mở đầu, 4 chương và phần kết luận, trong đó nội dung chính của từng phần được trình bày ngắn gọn như sau:

Chương 1: Tổng quan về hệ truyền động điện và các loại động cơ điện.

Chương 2: Trình bày cơ sở lý thuyết về động cơ BLDC, mô hình hóa và mô phỏng động cơ bằng MATLAB/Simulink.

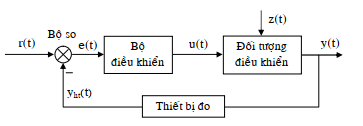
Chương 3: Trình bày các phương pháp điều khiển động cơ BLDC, mô phỏng hệ thống điều khiển động cơ bằng MATLAB/Simulink.

Chương 4: Xây dựng, thiết kế module điều khiển động cơ BLDC sử dụng Arduino Uno R3.

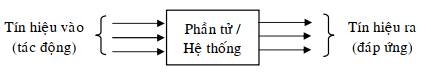
# Tổng quan

## Khái niệm điều khiển

## Hệ thống điều khiển



Hình 1.1 Cấu trúc cơ bản của hệ thống điều khiển

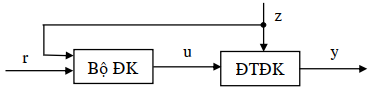
. 

Hình 1.2 Sơ đồ mô tả tín hiệu vào, ra

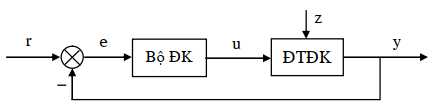
## Các bài toán thường gặp trong lĩnh vực điều khiển tự động

## Các nguyên tắc điều khiển

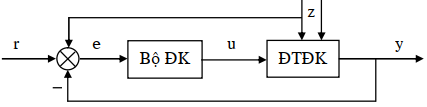
### Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi



Hình 1.3: Sơ đồ điều khiển bù nhiễu



Hình 1.4: Sơ đồ điều khiển dựa trên sai lệch



Hình 1.5: Sơ đồ điều khiển phối hợp

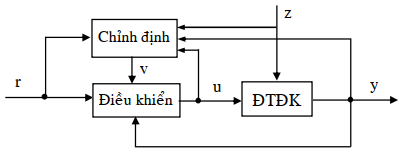
### Nguyên tắc 2: Nguyên tắc đa dạng tương xứng

### Nguyên tắc 3: Nguyên tắc bổ sung ngoài

### Nguyên tắc 4: Nguyên tắc dự trữ

### Nguyên tắc 5: Nguyên tắc phân cấp

### Nguyên tắc 6: Nguyên tắc cân bằng nội



Hình 1.6: Sơ đồ hệ thống điều khiển thích nghi.

## Phân loại hệ thống điều khiển

Có nhiều cách phân loại hệ thống điều khiển tùy theo mục đích của sự phân loại.

### Phân loại theo mạch phản hồi

### Phân loại theo đặc điểm mô tả toán học

### Phân loại theo mục tiêu điều khiển

### Phân loại theo dạng năng lượng sử dụng

* Hệ thống điều khiển cơ khí.
* Hệ thống điều khiển điện.
* Hệ thống điều khiển thủy lực.
* Hệ thống điều khiển khí nén.
* Hệ thống điều khiển điện-thủy lực, điện-khí nén,…

### Phân loại theo số lượng ngõ vào, ra

* Hệ SISO (Single Input – Single Output: một ngõ vào – một ngõ ra)
* Hệ MIMO (Multi Input – Multi Output: nhiều ngõ vào – nhiều ngõ ra)

Trong khuôn khổ của chương trình môn học, tài liệu này chỉ tập trung đề cập đến các vấn đề của hệ thống điều khiển tuyến tính bất biến một ngõ vào – một ngõ ra.

## Sơ lược lịch sử phát triển lý thuyết điều khiển

### Điều khiển kinh điển (Classical Control – trước 1960)

### Điều khiển hiện đại (Modern Control – sau 1960 đến nay)

### Điều khiển thông minh (Intelligent Control)

## Một số ví dụ

# Mô tả toán học phần tử và hệ thống liên tục

## Mô hình phương trình vi phân

## Hàm truyền

### Phép biến đổi Laplace

### Hàm truyền

Xét hệ thống tuyến tính liên tục, bất biến có tín hiệu vào , tín hiệu ra , được mô tả bằng phường trình vi phân tuyến tính hệ số hằng:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.2) |

Giả thiết các điều kiện đầu bằng 0, biến đổi Laplace 2 vế ta được:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.3) |

Biểu thức:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.4) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.6) |

Nếu cho mẫu số của hàm truyền bằng 0, ta thu được phương trình đặc tính:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.7) |

* Hàm truyền có thể được biểu diễn dưới dạng điểm không – điểm cực như sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.8) |

Trong đó:

là nghiệm của đa thức tử số, gọi là các điểm không (zero)

là nghiệm của đa thức mẫu số, gọi là các điểm cực (pole)

là độ lợi (gain)

* Để mô tả hệ thống MIMO có q ngõ vào và p ngõ ra ta phải viết hàm truyền riêng cho từng cặp ngõ vào-ra:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.9) |

Quan hệ vào-ra của hệ MIMO được viết ở dạng ma trận:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.10) |

Trong đó:

- là ảnh Laplace của véctơ tín hiệu ra.

- là ảnh Laplace của véctơ tín hiệu vào.

– là ma trận hàm truyền.

* Một hệ thống hay phần tử tuyến tính có tín hiệu vào , tín hiệu ra , sau khi đã được mô hình hóa và có hàm truyền có thể được biểu diễn dưới dạng khối như hình vẽ:



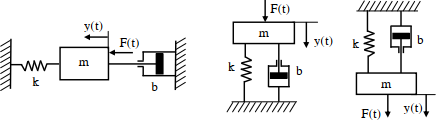
Cách biểu diễn này rất tiện cho việc xây dựng mô hình của một hệ thống phức tạp gồm nhiều khối ghép nối tiếp, song song hoặc phản hồi.

### Hàm truyền của các khâu vật lý điển hình

#### Hệ thống cơ khí

Các hệ thống cơ khí chuyển động thẳng có 3 thông số cơ bản là khối lượng, độ cứng và ma sát nhớt. Với chuyển động quay thì 3 thông số tương ứng là momen quán tính, độ cứng xoắn và ma sát nhớt. Khối lượng đặc trưng cho quán tính, độ cứng đặc trưng cho hoạt động của lực đàn hồi (lực của lò xo), ma sát nhớt (giảm chấn) đặc trưng cho phần tử hấp thụ năng lượng.

1. Hệ lò xo – khối lượng – giảm chấn



Hình 2.2: Hệ lò xo – khối lượng – giảm chấn

* Tín hiệu vào: lực tác dụng từ bên ngoài,
* Tín hiệu ra: lượng dịch chuyển của khối lượng ,

Giả sử tại hệ đang ở trạng thái cân bằng và không tính đến lực trọng trường. Theo Định luật II Newton ta có phương trình cân bằng lực:

Trong đó: : khối lượng,

: hệ số ma sát nhớt (giảm chấn),

: độ cứng lò xo,

: lực quán tính,

: lực giảm chấn,

: lực đàn hồi lò xo,

Phương trình vi phân mô tả quan hệ vào-ra:

Biến đổi Laplace hay vế với điều kiện đầu bằng 0, ta thu được:

Lập tỉ số tín hiệu ra trên tín hiệu vào ta được hàm truyền bậc hai:

Nhận xét:

* Nếu khối lượng là nhỏ, không đáng kể, ta có hàm truyền là khâu bậc nhất:
* Nếu chỉ có lò xo, ta có hàm truyền là khâu tỉ lệ:
* Nếu chỉ có thành phần giảm chấn, ta có hàm truyền là khâu tích phân

1. Hệ quay

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Hình 2.3: Hệ truyền động quay

* Tín hiệu vào: Momen tác dụng lên trục quay,
* Tín hiệu ra: Vận tốc góc của trục quay,

Áp dụng Định luật II Newton cho chuyển động quay, ta có phương trình cân bằng momen:

Trong đó: : momen tác động,

: momen quán tính của vật quay,

: vận tốc góc,

: hệ số ma sát nhớt (giảm chấn quay),

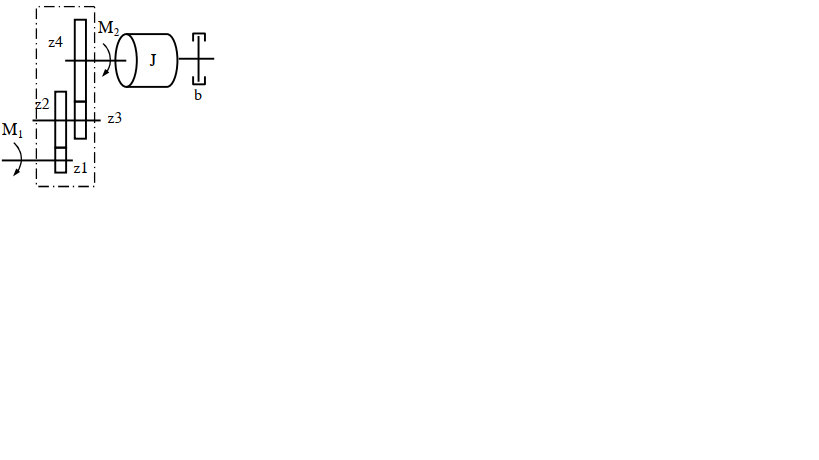
Phương trình vi phân mô tả quan hệ vào-ra:

Biến đổi Laplace hai vế với điều kiện đầu bằng 0, ta được:

Lập tỉ số tín hiệu ra trên tín hiệu vào ta được hàm truyền:

Nếu góc quay là tín hiệu ra, ta có:

1. Hộp giảm tốc bánh răng:

Hệ cơ khí gồm một tải quay có momen quan tính , ma sát nhớt và một hộp giảm tốc gồm 4 bánh răng như Hình 2.4

Hình 2.4: Hộp giảm tốc bánh răng

Gọi lần lượt là vận tốc góc, góc quay của trục ngõ vào hộp giảm tốc.

lần lượt là vận tốc góc, góc quay của trục ngõ ra hộp giảm tốc.

lần lượt là momen tác động lên trục vào và ra hộp giảm tốc.

lần lượt là số răng của các bánh răng.

Giả thiết bộ truyền không có khe hở, các trục bánh răng và tải có độ cứng rất lớn (không có đàn hồi), bỏ qua ma sát trong hộp giảm tốc và coi hệ là tuyến tính. Ta có:

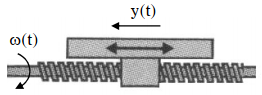
với là tỉ số truyền của hộp giảm tốc.

với là momen quán tính quy về trục vào hộp giảm tốc.

là hệ số ma sát quy về trục vào hộp giảm tốc.

Nhận xét: Với hộp giảm tốc thì và

1. Bộ truyền trục vít me – đai ốc

Xét bộ truyền vít me – đai ốc như Hình 2.5.

Hình 2.5: Bộ truyền vít me – đai ốc

* Tín hiệu vào: vận tốc góc của vít me,
* Tín hiệu ra: lượng dịch chuyển của bàn máy,

Gọi là bước của vít me, ta có phương trình:

Biến đổi Laplace 2 vế với điều kiện đầu bằng 0, ta được:

Lập tỉ số tín hiệu ra trên tín hiệu vào ta được hàm truyền tích phân:

với : hệ số tích phân.

#### Hệ thống điện

1. Mạch RL nối tiếp
2. Mạch RC nối tiếp
3. Mạch RLC nối tiếp
4. Bộ khuếch đại cách ly
5. Cảm biến
6. Bộ khuếch đại đảo
7. Bộ khuếch đại vi sai

#### Hệ cơ-điện

#### Hệ thống chất lỏng

#### Hệ thống nhiệt

### Ứng dụng giải nghiệm phương trình vi phân

## Sơ đồ khối

### Các khái niệm

Sơ đồ khối của một hệ thống là hình vẽ mô tả chức năng của các phần tử và sự tác động qua lại giữa các phần tử trong hệ thống.

Sơ đồ khối có ba thành phần cơ bản là khối chức năng, bộ tổng (hay bộ so) và điểm rẽ nhánh.

#### Khối chức năng



Quan hệ vào-ra:

#### Bộ tổng



Quan hệ vào-ra: tín hiệu ra của bộ tổng bằng tổng đại số của các tín hiệu vào.

#### Điểm rẽ



Tín hiệu trên nhánh chính và các nhánh rẽ là như nhau.

### Đại số sơ đồ khối

#### Sơ đồ nối tiếp

#### Sơ đồ song song

#### Sơ đồ hồi tiếp một vòng

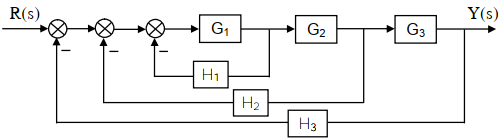
#### Các quy tắc biến đổi

1. Chuyển điểm rẽ ra trước một khối
2. Chuyển điểm rẽ ra sau một khối
3. Chuyển bộ tổng ra trước một khối
4. Chuyển bộ tổng ra sau một khối
5. Hoán vị, nhập tách các bộ tổng
6. Chuyển về dạng hồi tiếp đơn vị

Lưu ý: Các biến đổi sau đây là không tương đương

* Chuyển vị trí điểm rẽ và bộ tổng
* Chuyển vị trí hai bộ tổng khi giữa hai bộ tổng đó có điểm rẽ

1. Tìm hàm truyền tương đương của hệ thống sau:



1. Tìm hàm truyền tương đương của hệ thống sau:

## Sơ đồ dòng tín hiệu – Graph tín hiệu

### Các khái niệm

### Đại số graph tín hiệu

### Công thức Mason

### Sự tương quan giữa sơ đồ khối và graph tín hiệu

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. Tìm hàm truyền của hệ thống mô tả bởi sơ đồ khối như hình vẽ:

## Mô hình phương trình trạng thái

### Các khái niệm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.12) |

Dùng biến trạng thái ta có thể chuyển phương trình vi phân bậc mô tả hệ thống thành hệ phương trình vi phân bậc nhất viết dưới dạng ma trận như sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.13) |

trong đó: : phương trình trạng thái

: phương trình đầu ra

: là véctơ trang thái

: là tín hiệu vào, : là tín hiệu ra của hệ

* Với hệ tuyến tính bất biến MIMO thì A, B, C, D là các ma trận hệ số hằng.
* Với hệ tuyến tính bất biến SISO thì A là ma trận, B là véctơ cột, C là véctơ hàng, D là một hằng số.
* Nếu hệ tuyến tính bất biến SISO có hàm truyền với bậc tử số nhỏ hơn bậc mẫu số (hệ hợp thức chặt) thì D = 0.

1. Viết phương trình trạng thái mô tả hệ thống trên

### Thành lập hệ phương trình trạng thái từ phương trình vi phân

#### Phương trình vi phân không chứa đạo hàm tín hiệu vào

Xét hệ thống tuyến tính SISO có tín hiệu vào , tín hiệu ra , mô tả bởi phương trình vi phân:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.14) |

Ở đây, hệ số . Nếu ta có thể chia cả 2 vế cho để đưa về dạng trên.

Đặt biến trạng thái theo quy tắc: Biến sau bằng đạo hàm biến trước, biến thứ nhất đặt bằng tín hiệu ra.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.15) |

Thay các biến trạng thái vào phương trình vi phân, ta được:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.16) |

Kết hợp (2.15) và (2.16) ta được:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.17) |

Viết dưới dạng ma trận ta được:

Đáp ứng của hệ thống:

Vậy hệ phương trình trạng thái mô tả hệ thống là:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.18) |

Trong đó:

#### Phương trình vi phân có chưa đạo hàm tín hiệu vào

Xét hệ thống mô tả bởi phương trình vi phân:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.19) |

Với tín hiệu vào , tín hiệu ra . Các hệ số có thể bằng 0.

Đặt biến trạng thái như sau:

* Biến thứ nhất: Nếu bậc vế phải tức , đặt

Nếu bậc vế phải tức , đặt

* Biến thứ i :

và đặt

Với cách đặt biến trạng thái như trên, ta sẽ xác định được các hệ số:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.20) |

Phương trình trạng thái của hệ thống sẽ là:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2.21) |

Trong đó:

1. Thành lập phương trình trạng thái của hệ mô tả bởi phương trình vi phân:

### Thành lập hệ phương trình trạng thái từ hàm truyền và sơ đồ khối

Biến đổi hàm truyền thành phương trình vi phân, sau đó sử dụng các phương pháp đã nêu ở 2.5.2.

1. Thành lập hệ phương trình trạng thái mô tả hệ thống cho bởi sơ đồ khối như sau:

Đặt biến trạng thái trực tiếp trên sơ đồ khối

Tiếp tục với hệ thống đã cho ở Ví dụ 2.10 và đặt các biến trạng thái ngay trên sơ đồ khối.

Với cùng một sơ đồ khối, hàm truyền hay phương trình vi phân nhưng tùy theo cách đặt biến trạng thái mà ta có thể lập được các hệ phương trình trạng thái khác nhau. Do đó, một hệ thống có thể mô tả bằng nhiều mô hình trạng thái.

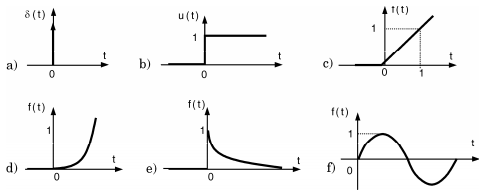
Nếu chuyển đổi thứ tự các khối trong sơ đồ khối ta sẽ thu được các mô hình trạng thái khác nhau

### Nghiệm của hệ phương trình trạng thái

# Đặc tính động học của hệ thống

## Các khái niệm

### Tín hiệu thử



Hình 3.1: Các hàm cơ bản

#### Hàm xung đơn vị (Hàm dirac - Hình 3.1a)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.1) |

Theo định nghĩa:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.2) |

Hàm xung Dirac có độ rộng bằng 0 và độ lớn vô cùng nên chỉ là hàm toán học thuần túy, trong thực tế chỉ tồn tại các tín hiệu gần đúng với xung Dirac.

Hàm xung đơn vị thường được sử dụng để mô tả nhiễu tác động vào hệ thống. Ngoài ra, khái niệm xung Dirac cũng rất hữu ích để mô tả quá trình rời rạc hóa một tín hiệu liên tục bất kỳ.

#### Hàm bậc thang đơn vị (Hình 3.1b)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.3) |

Theo định nghĩa:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.4) |

Hàm bậc thang đơn vị tác động tại tương ứng với một tín hiệu hằng số đưa đột ngột vào hệ thống tại thời điểm . Tín hiệu vào dạng hàm bậc thang đơn vị thường được đưa vào trong các hệ thống điều khiển ổn định hóa.

#### Hàm dốc đơn vị (Hàm ramp - Hình 3.1c)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.5) |

Theo định nghĩa:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.6) |

Hàm dốc đơn vị thường được sử dụng làm tín hiệu vào để khảo sát hệ thống điều khiển theo dõi.

#### Hàm sin (Hình 3.1f)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.7) |

Theo định nghĩa:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.8) |

### Đặc tính thời gian

Đặc tính thời gian của hệ thống mô tả sự thay đổi tín hiệu ở đầu ra theo thời gian khi có tín hiệu chuẩn tác động ở đầu vào. Đặc tính thời gian thường được mô tả bằng hàm quá độ và hàm trọng lượng.

#### Hàm quá độ

Khi tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị thì tín hiệu ra được gọi là đáp ứng bậc thang hay hàm quá độ, ký hiệu là . Tức là:

Để tìm hàm quá độ khi biết hàm truyền ta thực hiện hai bước:

Bước 1: Tìm ảnh Laplace của

Do:

Nên:

Bước 2: Biến đổi Laplace ngược của ta có hàm quá độ

#### Hàm trọng lượng

Khi tín hiệu vào là hàm xung đơn vị thì tín hiệu ra được gọi là đáp ứng xung, hàm quá độ xung, hay hàm trọng lượng, ký hiệu là . Tức là:

Để tìm hàm quá độ ta có thể làm như sau:

Nếu biết hàm truyền :

Do:

Nên:

Nếu biết hàm quá độ :

Do:

Nên:

#### Đáp ứng dốc

#### Đáp ứng với tín hiệu vào bất kỳ

### Đặc tính tần số

#### Hàm đặc tính tần

#### Biểu diễn đặc tính tần số

Biểu đồ Nyquist

Biểu đồ Bode

## Đặc tính động học của các khâu điển hình

### Khâu tỉ lệ (khâu khuếch đại)

### Khâu quán tính bậc nhất

### Khâu bậc hai

### Khâu tích phân lý tưởng

### Khâu vi phân lý tưởng

### Khâu tích phân – quán tính bậc nhất

### Khâu vi phân bậc 1

### Khâu trễ

## Đặc tính động học của hệ thống tự động

### Đặc tính thời gian của hệ thống

### Đặc tính tần số của hệ thống

# Tính ổn định của hệ thống

## Các khái niệm

## Tiêu chuẩn ổn định đại số

### Điều kiện cần

### Tiêu chuẩn Routh

### Tiêu chuẩn Hurwitz

## Tiêu chuẩn ổn định tần số

### Nguyên lý góc quay

### Tiêu chuẩn Mikhailov

### Tiêu chuẩn Nyquist

### Độ dự trữ ổn định

### Ổn định của hệ thống có khâu trễ

## Phương pháp quỹ đạo nghiệm số

### Khái niệm

### Quy tắc xây dựng quỹ đạo nghiệm

# Phân tích chất lượng hệ thống điều khiển

## Các khái niệm

### Khái niệm về chất lượng hệ thống

### Các chỉ tiêu chất lượng

#### Sai số xác lập

#### Chất lượng đáp ứng quá độ

## Đánh giá sai số xác lập

### Tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị

### Tín hiệu vào là hàm dốc đơn vị

### Tín hiệu vào là hàm parabol

## Phân tích đáp ứng quá độ

### Đáp ứng quá độ của hệ quán tính bậc nhất

### Đáp ứng quá độ của hệ bậc hai có dao động tắt dần

Độ quá điều chỉnh (POT):

Độ quá điều chỉnh POT của hệ dao động bậc 2 tắt dần được tính vởi công thức:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.8) |

Độ quá điều chỉnh POT của hệ dao động bậc 2 tắt dần chỉ phụ thuộc hệ số tắt dần . Khi tăng thì POT giảm hệ tắt dần nhanh và ngược lại.

Thời gian quá độ:

* Theo tiêu chuẩn :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.9) |

* Theo tiêu chuẩn :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.10) |

Thời gian gia tăng:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.11) |

### Đáp ứng quá độ của hệ bậc cao

|  |  |
| --- | --- |
| Hình 5.3: Cặp cực của hệ bậc 2 dao động | Hình 5.4: Cặp cực trội của hệ bậc cao |

## Các tiêu chuẩn tối ưu hóa đáp ứng quá độ

### Tiêu chuẩn tích phân sai lệch IE (Integrated Error)

Đối với hệ có đáp ứng quá độ không dao động thì tiêu chuẩn IE chính là diện tích của hàm sai lệch tạo với trục thời gian cần đạt giá trị cực tiểu thì chất lượng đạt tốt nhất: thời gian quá độ ngắn nhất và sai lệch tĩnh nhỏ nhất.

### Tiêu chuẩn tích phân trị tuyệt đối biên độ sai lệch IAE (Integrated of the Absolute magnitude of the Error)

Trong trường hợp có dao động, sai lệch tạo với trục thời gian những diện tích âm dương xen kẽ nhau. Kết quả giá trị tích phân nhỏ đi nhưng quá trình quá độ xấu. Vì vậy phải sử dụng tiêu chuẩn tích phân trị tuyệt đối biên bộ sai lệch IAE

Đối với hệ bậc 2: khi

### Tiêu chuẩn tích phân của bình phương sai lệch ISE (Integrated of the Square of the Error)

Ở các hệ tối ưu và thích nghi, chỉ tiêu chất lượng thường được dùng là tích phân của bình phương sai lệch.

Đối với hệ bậc 2: khi , có lượng quá điều chỉnh lớn hơn ở . xem nhẹ những diện tích bé vì bình phương một số nhỏ hơn một sẽ bé hơn trị số tuyệt đối của số ấy. Tuy nhiên, JSE có ưu điểm là công việc tính toán và thực hiện đơn giản hơn do đó thường được sử dụng.

### Tiêu chuẩn ITAE (Integrated of Time multiplied by the Absolute Value of the Error)

Để giảm ảnh hưởng của sai lệch ban đầu và chú hơn hơn sai lệch sau đó, người ta dùng tiêu chuẩn tích phân của thời gian nhân với trị số của sai lệch.

Đối với hệ bậc 2: khi

### Tiêu chuẩn ITSE (Integrated of Time multiplied by the Square of the Error)

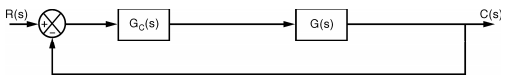
### Tiêu chuẩn tích phân có tính đến ảnh hưởng của tốc độ thay đổi của sai lệch e(t)

Đây là chỉ tiêu với điều kiện hạn chế tốc độ biến đổi của sai lệch . Ở đây, là hằng số được chọn phù hợp với từng trường hợp. Ví dụ: lớn không cho phép dao động lớn, ngược lại nhỏ cho phép quá độ dao động lớn. thông thường được chọn trong khoảng:

## Đánh giá chất lượng quá trình quá độ theo đặc tính tần số của hệ thống

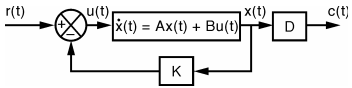
# Thiết kế hệ thống điều khiển

## Các khái niệm



Hình 6.1: Hệ thống điều khiển nối tiếp vòng kín

Trong lý thuyết điều khiển hiện đại, với những hệ thống điều khiển có nhiều đầu vào – nhiều đầu ra (MIMO) thì phương pháp tổng hợp hệ thống trong không gian trạng thái thường được sử dụng (Hình 6.2). Trong đó bộ điều khiển được gọi là bộ điều khiển phản hồi trạng thái. Theo phương pháp này, tất cả các trạng thái của hệ thống được phản hồi trở về ngõ vào và tín hiệu điều khiển có dạng . Tùy theo cách tính vectơ hồi tiếp trạng thái mà ta có phương pháp điều khiển phân bố cực, điều khiển tối ưu LQR, …



Hình 6.2: Hệ thống điều khiển hồi tiếp trạng thái

## Thiết kế hệ thống điều khiển nối tiếp

### Ảnh hưởng của các bộ điều khiển đến chất lượng của hệ thống

### Thiết kế bộ điều khiển PID

#### Phương pháp Ziegler – Nichols

#### Phương pháp giải tích

## Thiết kế hệ thống điều khiển hồi tiếp trạng thái

### Điều khiển hồi tiếp trạng thái

### Tính điều khiển được và quan sát được

#### Tính điều khiển được

#### Tính quan sát được

### Phương pháp phân bố cực

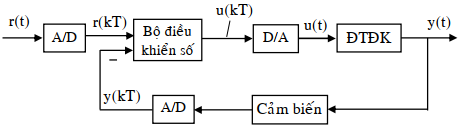
# Hệ thống điều khiển rời rạc

## Giới thiệu chung

### Khái niệm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tín hiệu liên tục (liên tục thời gian, biên độ) | Tín hiệu rời rạc (rời rạc thời gian) | Tín hiệu số (rời rạc thời gian, biên độ) |

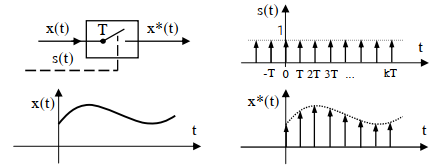
Hình 7.1: Lượng tử hóa và mã hóa tín hiệu



Hình 7.2: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển số

### Khâu lấy mẫu tín hiệu

Khâu lấy mẫu có tác dụng biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu rời rạc theo thời gian. Khâu lấy mẫu lý tưởng hoạt động như một khóa điện tử với thời gian đóng ngắt rất nhỏ so với chu kỳ lấy mẫu.



Hình 7.4: Quá trình lấy mẫu tính hiệu

Xét bộ lấy mẫu có đầu vào là tín hiệu liên tục và đầu ra là tín hiệu rời rạc . Quá trình lấy mẫu có thể mô tả bằng biểu thức toán học sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.1) |

trong đó là hàm lấy mẫu, có dạng chuỗi xung đơn vị:

là xung đơn vị phát tại thời điểm .

Giả sử khi , biểu thức lấy mẫu trở thành:

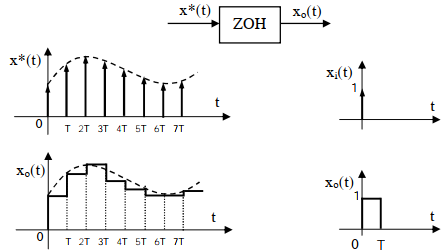
Biến đổi Laplace cả hai vế của phương trình trên ta thu được:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.2) |

Trong các hệ thống điều khiển số thực tế, nếu bỏ qua sai số lượng tử hóa thì các bộ chuyển đổi ADC chính là các khâu lấy mẫu.

### Khâu giữ dữ liệu

Khâu giữ dữ liệu là khâu chuyển tín hiệu rời rạc theo thời gian thành tín hiệu liên tục theo thời gian. Khâu giữ dữ liệu có nhiều dạng khác nhau, đơn giản nhất và sử dụng nhiều nhất là khâu giữ bậc 0 (Zero Order Hold – ZOH).



Hình 7.5: Khâu giữ mẫu bậc 0 (ZOH)

Nếu tín hiệu vào của khâu ZOH là xung đơn vị thì tín hiệu ra là xung vuông có biên độ là 1, độ rộng là T, tức là: . Ta có:

Hàm truyền của khâu ZOH:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.3) |

Trong các hệ thống điều khiển số thực tế, nếu bỏ qua sai số lượng tử hóa thì các bộ chuyển đổi DAC chính là các khâu giữ bậc 0 (ZOH).

## Mô tả toán học hệ thống rời rạc

### Sai phân của hàm rời rạc và phương trình sai phân

### Hàm truyền hệ thống rời rạc

#### Tìm hàm truyền từ phương trình sai phân

### Mô hình trạng thái hệ rời rạc

Ta đã biết, đối với hệ liên tục được mô tả bởi phương trình trạng thái (2.13). Tương tự, đối với hệ thống rời rạc, ta có phương trình trạng thái rời rạc sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.8) |

#### Lập phương trình trạng thái từ phương trình sai phân

Vế phải không chứa sai phân của tín hiệu vào

Vế phải không chứa sai phân của tín hiệu vào

### Lập phương trình trạng thái từ hàm truyền

Cho hệ thống mô tả bởi hàm truyền:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.10) |

1. Biến đổi hàm truyền thành phương trình sai phân, rồi lập phương trình trạng thái từ phương trình sai phân.

Đặt biến phụ sao cho:

Theo định lý về hàm dịch chuyển, ta có:

Đặt các biến trạng thái:

Từ đó ta có phương trình trạng thái:

Viết lại dưới dạng ma trận:

Đáp ứng của hệ thống:

## Phân tích hệ thống điều khiển rời rạc

### Tính ổn định của hệ thống rời rạc

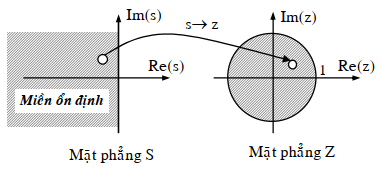
Hệ thống rời rạc cho bởi sơ đồ khối

Phương trình đặc tính là:

Hệ thống rời rạc cho hệ phương trình biến trạng thái:

Phương trình đặc tính là:

Hệ thống điều khiển rời rạc sẽ ổn định nếu tất cả các nghiệm của phương trình đặc tính đều nằm trong vòng tròn đơn vị (tức là ).



Hình 7.6: Quan hệ giữa hai mặt phẳng

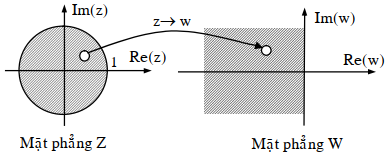
#### Tiêu chuẩn Routh-Hurwitz mở rộng

Sử dụng phép đổi biến sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.11) |

Phép đổi biến này biến miền ngoài vòng tròn đơn vị trong mặt phẳng thành nửa phải của mặt phẳng , và miền bên trong vòng tròn đơn vị thành nửa trái mặt phẳng .

Thông qua phép biến đổi , phương trình đặc tính của hệ sẽ biến đổi thành phương trình đặc tính và ta có thể sử dụng các tiêu chuẩn Routh-Hurwitz với phương trình đặc tính : Nếu không tồn tại nghiệm nằm bên phải mặt phẳng phức thì không tồn tại nghiệm nằm ngoài vòng tròn đơn vị hệ rời rạc ổn định.



Hình 7.7: Quan hệ giữa các mặt phẳng

#### Tiêu chuẩn Jury

#### Tiêu chuẩn Nyquist – Bode mở rộng

### Phương pháp quỹ đạo nghiệm số

### Chất lượng hệ thống rời rạc

#### Phân tích đáp ứng quá độ

Đáp ứng quá độ của hệ thống rời rạc có thể được xác định bằng một trong hai cách sau đây:

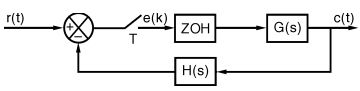
1. Tính , sau đó dùng phép biến đổi ngược để tìm

Tính nghiệm của phương trình trạng thái của hệ rời rạc, từ đó suy ra .

#### Đánh giá sai số xác lập

Sử dụng định lý giá trị cuối:

Xét hệ thống điều khiển rời rạc mô tả bởi sơ đồ khối sau:



Sai số xác lập:

* Nếu tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị:

Đặt : Hệ số sai số vị trí

* Nếu tín hiệu vào là hàm dốc đơn vị:

Đặt : Hệ số sai số vận tốc

## Thiết kế hệ thống điều khiển rời rạc

### Khái niệm

### Thiết kế bộ điều khiển PID

#### Hàm truyền của cá khâu hiệu chỉnh rời rạc

Khâu tỉ lệ

Khâu vi phân



* Khâu vi phân liên tục:
* Khâu vi phân rời rạc: được tính bằng các công thức sai phân, có ba cách tính:
  + Sai phân tới:
  + Sai phân lùi:
  + Sai phân giữa:

Công thức sai phân tới và sai phân giữa cần tín hiệu là tín hiệu sai số trong tương lai, mà trong các bài toán điều khiển thời gian thực ta không thể có được tín hiệu trong tương lai (trừ khi sử dụng bộ dự báo) nên thực tế chỉ có công thức sai phân lùi được sử dụng phổ biến nhất, do đó:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.12) |

Khâu tích phân



* Khâu tích phân liên tục:
* Khâu tích phân rời rạc:

Xét tích phân có ba cách tính:

* + Tích phân hình chữ nhật tới:
  + Tích phân hình chữ nhật lùi:
  + Tích phân hình thang:

Trong ba cách tính tích phân trình bày ở trên, tích phân hình thang cho kết quả chính xác nhất, do đó thực tế người ta thường sử dụng công thức:

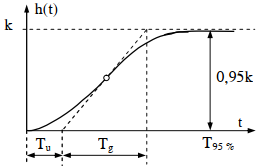
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.13) |

#### Xác định thông số bộ PID số bằng thực nghiệm

Để xác định thông số bộ PID bằng thực nghiệm, Takahashi đưa ra phương pháp xác định ba tham số của bộ PID số hoặc từ đáp ứng quá độ của đối tượng hoặc từ đáp ứng của hệ kín.

Sử dụng đáp ứng quá độ của đối tượng

Điều kiện để áp dụng được phương pháp Takahashi là đối tượng phải ổn định, hàm quá độ di từ 0 và có dạng hình chữ S, không có vọt lố.

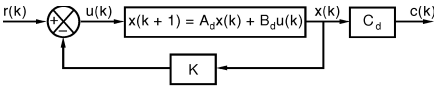


Hình 7.8

Hình 7.8 biểu diễn dạng chung cho những đối tượng có thể áp dụng được phương pháp Takahashi. Từ đường đó ta lấy được các giá trị:

* là hệ số khuếch đại của đối tượng, được xác định từ theo

### Thiết kế dùng bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái



Cho đối tượng điều khiển được mô tả bởi hệ phương trình biến trạng thái:

Tín hiệu điều khiển trong hệ hồi tiếp trạng thái là:

Hệ phương trình trạng thái mô tả hệ thống hồi tiếp trạng thái:

Phương trình đặc tính của hệ hồi tiếp trạng thái:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7.14) |

Lý thuyết điều khiển chứng minh được rằng: Nếu , với là bậc của hệ thống và thì hệ thống trên là điều khiển được, khi đó có thể tìm được vec-tơ để phương trình đặc tính (7.14) có nghiệm bất kỳ.

Trình tự thiết kế

Phụ lục

1. Phép biến đổi Laplace
2. Phép biến đổi Z
3. Matlab và SIMULINK

Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt

1. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Nguyễn Thị Hiền, *Truyền động điện*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2005.
2. Lê Quang Tuyến, *Tìm hiểu động cơ một chiều không chổi than (BLDC)*, Đại học Dân lập Hải Phòng, 2015.

Tiếng Anh

1. G.H Jang, J.H Park, J.H Chang, “Position detection and start up algorithm of a rotor in a sensorless BLDC Motor utilizing inductance variation”, *Proc.Inst.Elect.Eng-Elect Power Appl*, vol.149, no.2, pages 137-142,Mar.2002.
2. Ji Hua, Li Zhiyong, “Simulation of Sensorless Permanent Magnetic Brushless DC Motor Control System”, *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, pages 2847-2851, 2008.
3. R. Krishnan, Electric Motor Drives Modelling, Analysis, and Control, Prentice Hall, pages 577-614, 2001.
4. Muhammad Ikhlas, *Rotor Position Identifcation for Brushless DC motor*, The University of Western Ontario, 2015.
5. Neethi S.Pillai, Vipin A.M, Remna Radhakrishnan, “Analysis And Simulation Studies For Position Sensorless BLDC Motor Drive With Initial Rotor Position Estimation”, *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, 2015.
6. Neethi S.Pillai, Salitha K, Chikku Abraham,“Analysis and Simulation Studies for the Estimation of Rotor Position in Sensorless BLDC”, *IJEEE*, vol.2, pages 86-90, 2012.
7. Vishnuvardhan Vadla, Chappidi Suresh, Ravi Naragani, “Simulation of Fuzzy Based Current Control Strategy for BLDC Motor Drive”, *International Jounal of Scientific Engineering and Technology Reseach (IJSETR)*, vol.04, issue.24, pages 4626-4632, 2015.
8. Piotr Wach, Dynamics and Control of Electrical Drives, Springer, pages 309-337, 2011.
9. Jian Zhao, Yangwei Yu, “Brushless DC Motor Fundamentals Application Note”, *MPS*, pages 13-17, 2014.

Websites

1. https://vi.wikipedia.org/wiki/Bộ\_điều\_khiển\_PID
2. https://vi.wikipedia.org/wiki/Động\_cơ\_điện\_một\_chiều
3. https://vi.wikipedia.org/wiki/Động\_cơ\_điện\_xoay\_chiều
4. https://vi.wikipedia.org/wiki/Động\_cơ\_điện\_không\_đồng\_bộ
5. https://vi.wikipedia.org/wiki/Động\_cơ\_đồng\_bộ

https://www.mathworks.com/products/simulink/getting-started.html