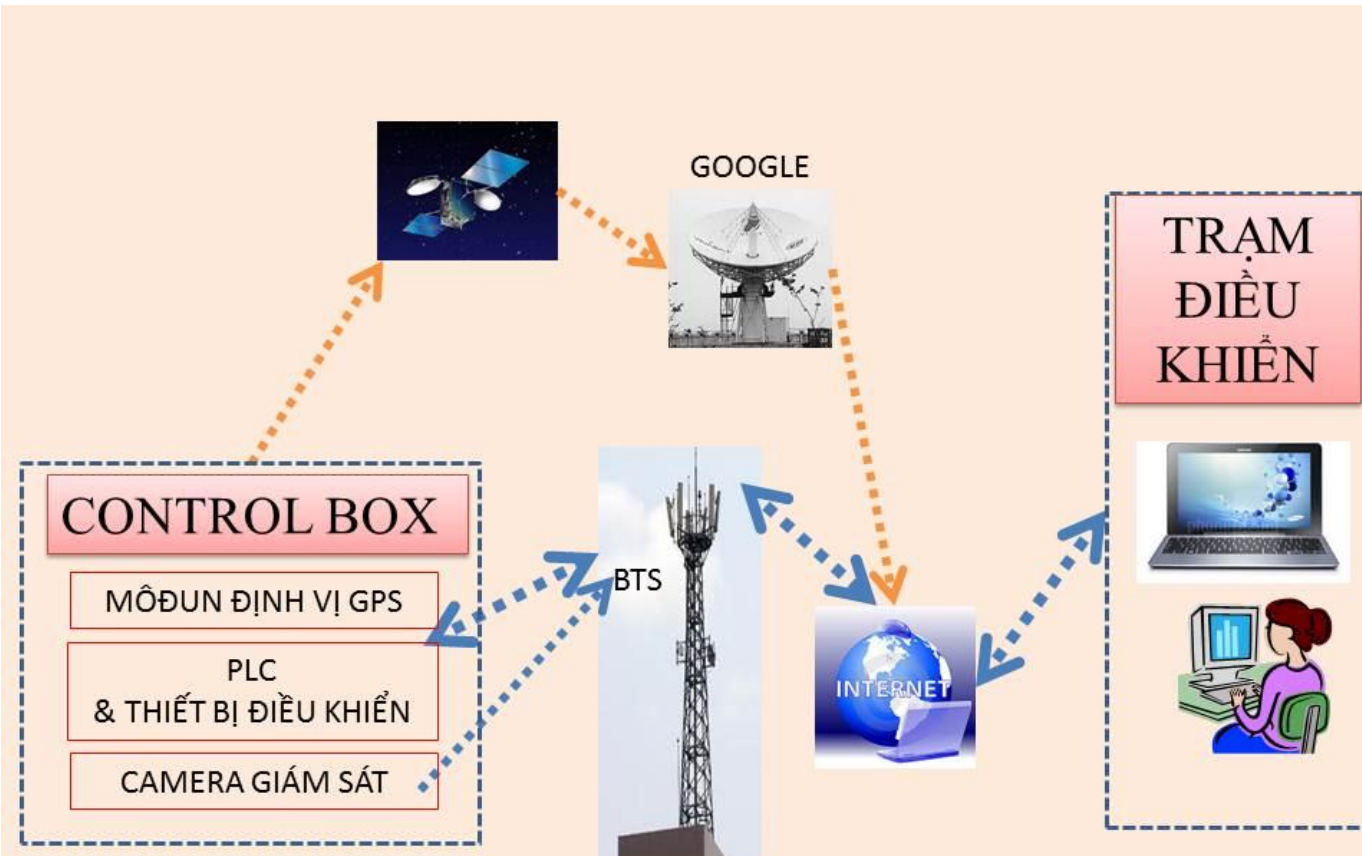


Nhập môn Điều khiển tự động



TS. Nguyễn Thu Hà

Bộ môn Điều khiển tự động

Viện Điện, Trường ĐHBK HN

hanguyenac@gmail.com

Mục tiêu

- Phân tích chất lượng hệ thống;
- Các nguyên tắc điều khiển cơ bản (truyền thẳng, phản hồi);
- Các phương pháp thiết kế bộ điều khiển liên tục tuyến tính trong miền tần số và trong miền thời gian.

Kết quả mong đợi

- Nắm bắt các phương pháp tiếp cận đối tượng điều khiển, các tín hiệu vào ra của đối tượng.
- Hiểu các phương pháp mô tả đối tượng tuyến tính, những mô hình toán học thông dụng.
- Tiếp cận các phương pháp phân tích hệ thống tuyến tính. Chỉ rõ vai trò của việc phân tích hệ thống và đánh giá chất lượng hệ thống.
- Nắm bắt các nguyên lý điều khiển khác nhau cũng như cách chọn nguyên lý thích hợp. Giới thiệu các phương pháp thiết kế bộ điều khiển.

Phương pháp đánh giá kết quả

- Thí nghiệm: 4 bài
 - ❑ Các đặc tính của hệ thống điều khiển tự động
 - ❑ Ứng dụng MATLAB khảo sát tính ổn định và chất lượng của hệ thống
 - ❑ Ứng dụng SIMULINK để tổng hợp hệ thống điều khiển tự động
 - ❑ Hệ thống điều khiển trong không gian trạng thái.
- Điểm đánh giá
 - ❑ Kết quả kiểm tra giữa kỳ: 30%
 - ❑ Thi cuối kỳ (được sử dụng tài liệu chuẩn bị trước trên 2 tờ A4) 70%

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Doãn Phước. Lý thuyết điều khiển tuyến tính. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2015.
2. Nguyễn Văn Hòa. Cơ sở điều khiển tự động. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2001.
3. Phan Xuân Minh, Hà Kim Duyên, Phạm Xuân Khánh. Giáo trình lý thuyết điều khiển tự động. Nhà xuất bản giáo dục.2008.
4. Nguyễn Thị Phương Hà, Huỳnh Thái Hoàng. Lý thuyết điều khiển tự động. Nhà xuất bản trường đại học quốc gia TP HCM, 2005
5. R.C.Dorf . Mordern Control System
6. John J. D'Azzo, Constantine H. Houpis. Linear Control System Analysis And Design: Conventional and Modern.

Nội dung

1. Khái niệm về điều khiển
2. Các nguyên tắc điều khiển
3. Phân loại hệ thống
4. Lịch sử phát triển HTĐKTD
5. Trình tự các bước thực hiện một bài toán điều khiển

1. Khái niệm về hệ thống điều khiển

1.1. Khái niệm

Lái xe, mục tiêu giữ tốc độ xe ổn định $v=40\text{km/h}$

1. Mắt quan sát đồng hồ đo tốc độ \Rightarrow thu thập thông tin

2. Bộ não điều khiển tăng tốc nếu $v < 40\text{km/h}$

Giảm tốc nếu $v > 40\text{km/h} \Rightarrow$ xử lý thông tin

3. Tay giảm ga hoặc tăng ga \Rightarrow tác động lên hệ thống

Kết quả của quá trình điều khiển trên là xe chạy với vận tốc bằng 40km/h

Định nghĩa 1.1: Điều khiển là quá trình thu thập thông tin, xử lý thông tin và tác động lên hệ thống để đáp ứng của hệ thống đạt được mục đích mong muốn. Điều khiển tự động là quá trình điều khiển không có sự tác động của con người.

Ví dụ về hệ thống điều khiển tự động



1.2. Tại sao cần phải điều khiển tự động?

- Giảm thiểu sự tham gia của con người trong các lĩnh vực kỹ thuật kể trên
 - Giảm nhân công
 - Tăng độ chính xác
 - Tăng năng suất và chất lượng sản phẩm
 - Tăng hiệu quả
- Giảm lao động nặng nhọc, tai nạn nghề nghiệp.

1.3. Ứng dụng hệ thống điều khiển

- Áp dụng trong hầu hết tất cả các lĩnh vực kỹ thuật:
- Hệ thống sản xuất: Nhà máy xi măng, nhà máy đường, nhà máy giấy, nhà máy chế biến thực phẩm, nước giải khát...
- Quá trình công nghiệp: Nhiệt độ, lưu lượng, áp suất, tốc độ
- Hệ cơ điện tử: robot di động, cánh tay máy, máy công cụ...
- Phương tiện giao thông: điều khiển rada, tên lửa...

1.4. Các bài toán cơ bản trong lĩnh vực ĐKTD

- **Phân tích hệ thống:** Cho hệ thống tự động đã biết cấu trúc và thông số. Bài toán đặt ra là trên cơ sở những thông tin đã biết tìm đáp ứng của hệ thống và đánh giá chất lượng của hệ.
- **Thiết kế hệ thống:** Biết cấu trúc và thông số của đối tượng điều khiển. Bài toán đặt ra là thiết kế bộ điều khiển để được hệ thống thỏa mãn các yêu cầu về chất lượng.

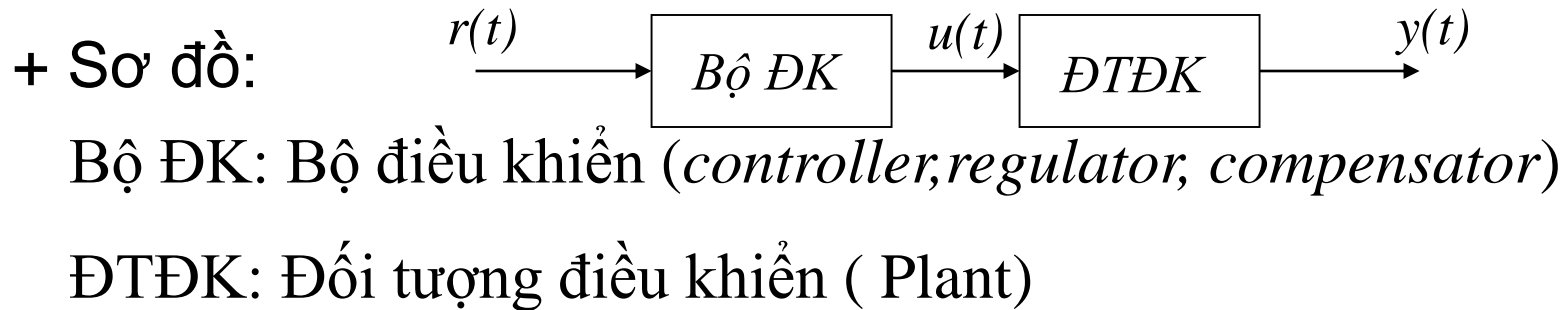
1.5. Cấu trúc cơ bản của hệ thống ĐK

Định nghĩa 1.2: Hệ thống được hiểu là một tập hợp các phần tử (linh kiện, thiết bị, thuật toán...^o , được kết nối với nhau để thực hiện một nhiệm vụ cụ thể. Hệ thống luôn được giao tiếp với môi trường bên ngoài bằng các tín hiệu vào và ra

1.5.1. Hệ thống điều khiển vòng hở

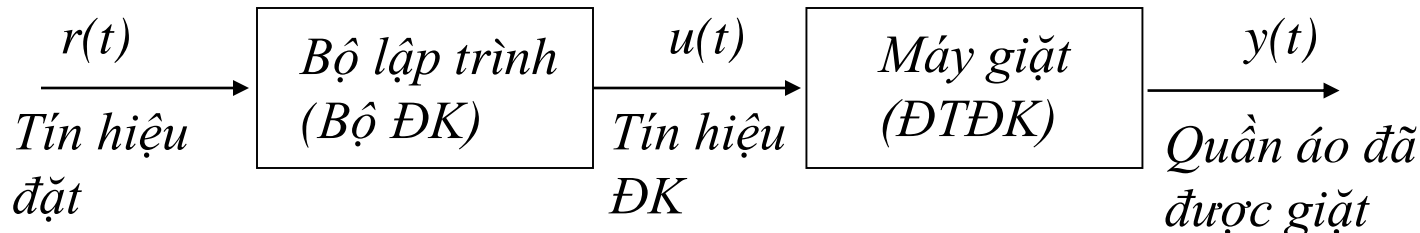
+ Định nghĩa

Định nghĩa 1.3: Hệ thống điều khiển vòng hở (*open-loop*) là hệ thống mà tín hiệu vào $u(t)$ không phụ thuộc vào tín hiệu ra $y(t)$, có nghĩa là $u(t)$ không phải là một hàm của $y(t)$.



+ Ví dụ:

Máy giặt quần áo là một hệ thống ĐK vòng hở



1.5.1. Hệ thống điều khiển vòng hở

+ Ưu nhược điểm

Ưu điểm: Đơn giản, đáp ứng nhanh. Cấu trúc hệ thống gọn nhẹ, không cần cảm biến đo.

Nhược điểm: cần mô hình đối tượng rất chính xác. Độ chính xác của phương pháp không cao (nhiều, tín hiệu đặt thay đổi,...).

+ Khi nào chúng ta nên sử dụng hệ thống điều khiển vòng hở?

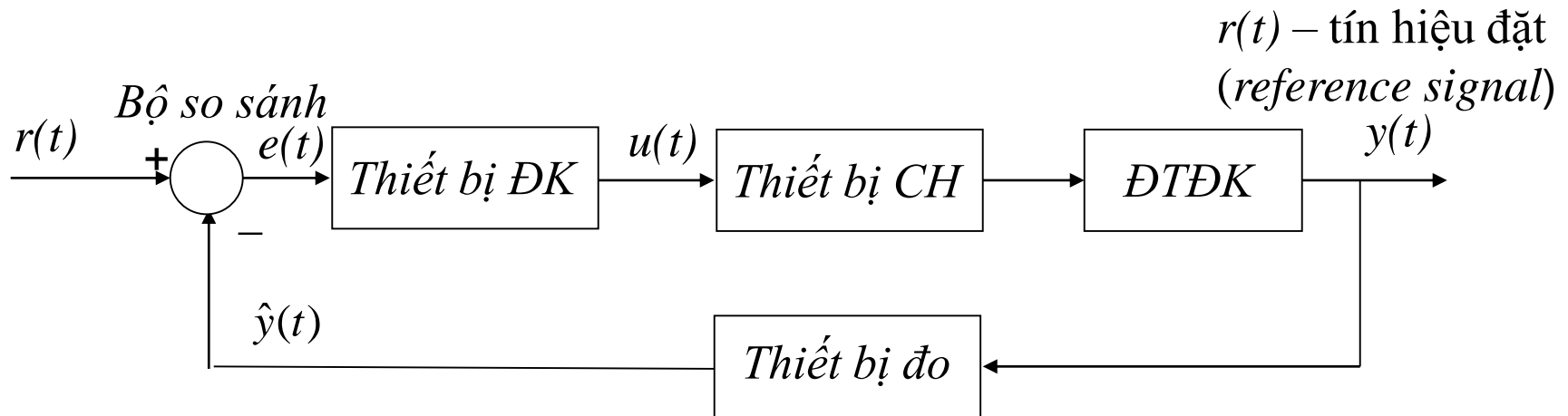
- Khi mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra được biết chính xác
- Không có nhiễu phụ tải cũng như ngoại sinh.
- Việc đo chính xác giá trị đầu ra khó hoặc giá thành đắt.

1.5.2. Hệ thống điều khiển vòng kín

+ Định nghĩa

Định nghĩa 1.4: Hệ thống điều khiển vòng kín (*closed-loop*) là hệ thống mà tín hiệu vào $u(t)$ phụ thuộc vào tín hiệu ra $y(t)$, có nghĩa là $u(t)$ là một hàm của $y(t)$.

+ Sơ đồ:



Các thành phần của một HTĐK hồi tiếp

- Tín hiệu vào: $u(t)$.
- Tín hiệu ra: $y(t)$.
- Tín hiệu đặt (chủ đạo): $r(t)$.
- Tín hiệu ra đo được qua cảm biến: $\hat{y}(t)$ (thông thường coi $\hat{y}(t) = y(t)$).
- Sai lệch giữa tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra đo được:
- $e(t) = r(t) - \hat{y}(t)$.

ĐTĐK: là cái cần điều khiển gồm lò, động cơ, thiết bị trong công nghiệp

Thiết bị chấp hành: cơ cấu tác động thường là những van đóng mở, thiết bị công suất

Thiết bị điều khiển : rơ le, PID, PLC, fuzzy, neural,... nhằm tạo ra tín hiệu điều khiển $u(t)$

Thiết bị đo: là các cảm biến đo theo dõi sự biến đổi của đại lượng cần điều khiển

1.5.2. Hệ thống điều khiển vòng kín

+ Ưu nhược điểm:

Ưu điểm: Độ chính xác cao hơn nhiều so với cấu trúc vòng hở. Có khả năng kháng nhiễu, bám theo tín hiệu đặt thay đổi. Cấu trúc bộ điều khiển đa dạng.

Nhược điểm: cần cảm biến đo chính xác đầu ra của đối tượng.

+ Ví dụ: Bình nước nóng là một hệ thống ĐK vòng kín

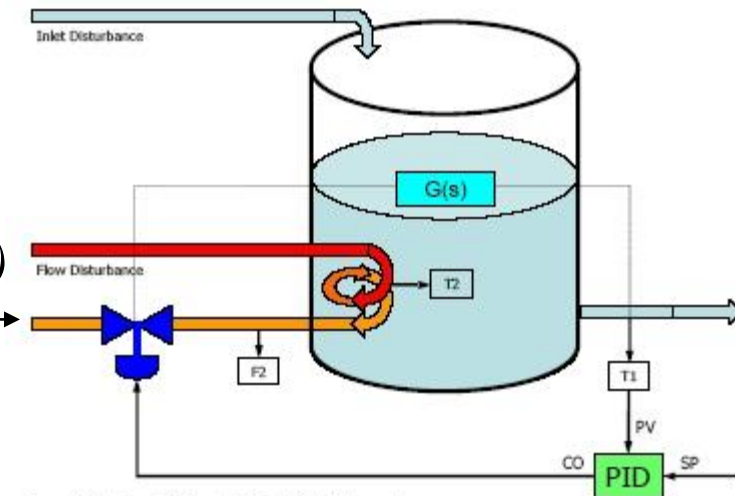
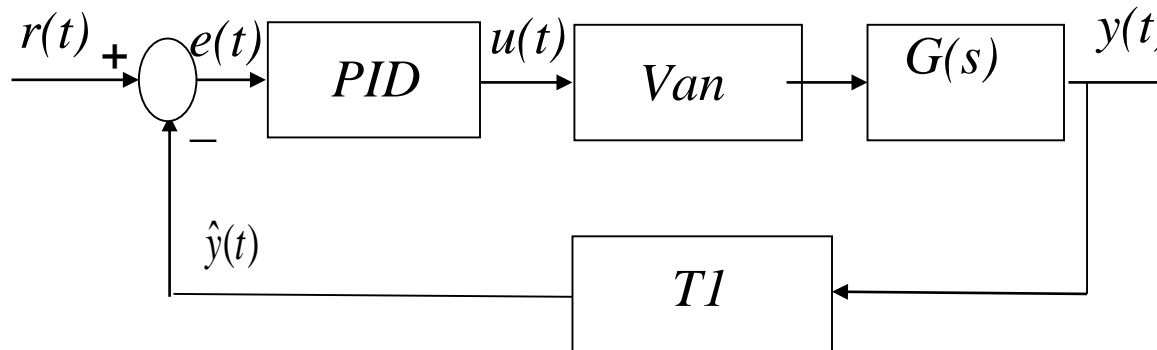
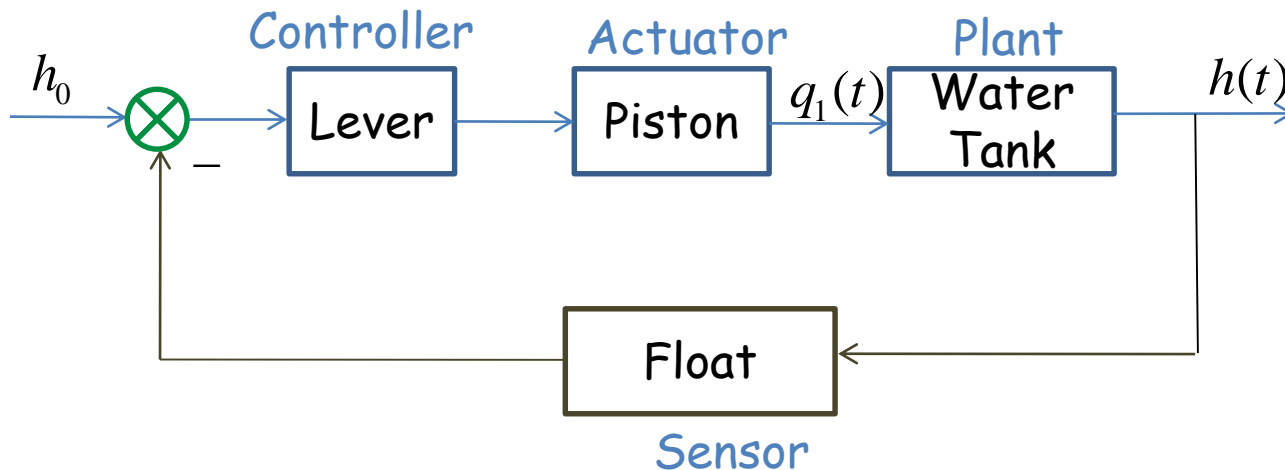
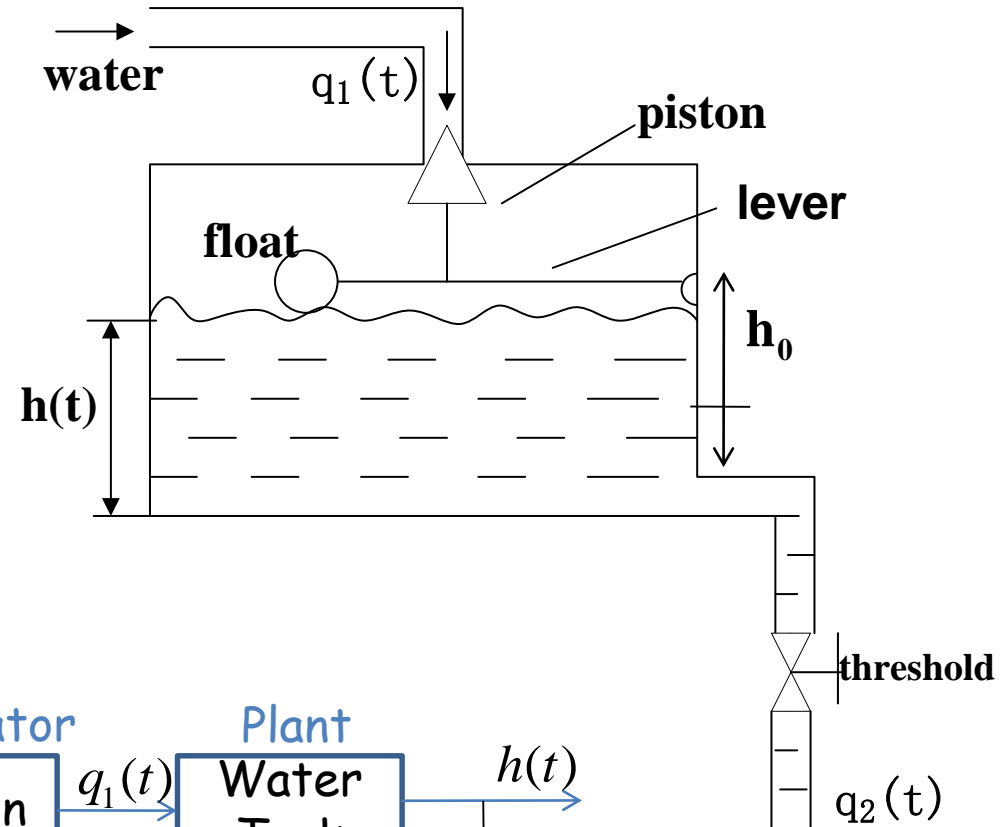


Figure 1 – Standard PID Control of Tank Outlet Temperature

Ví dụ

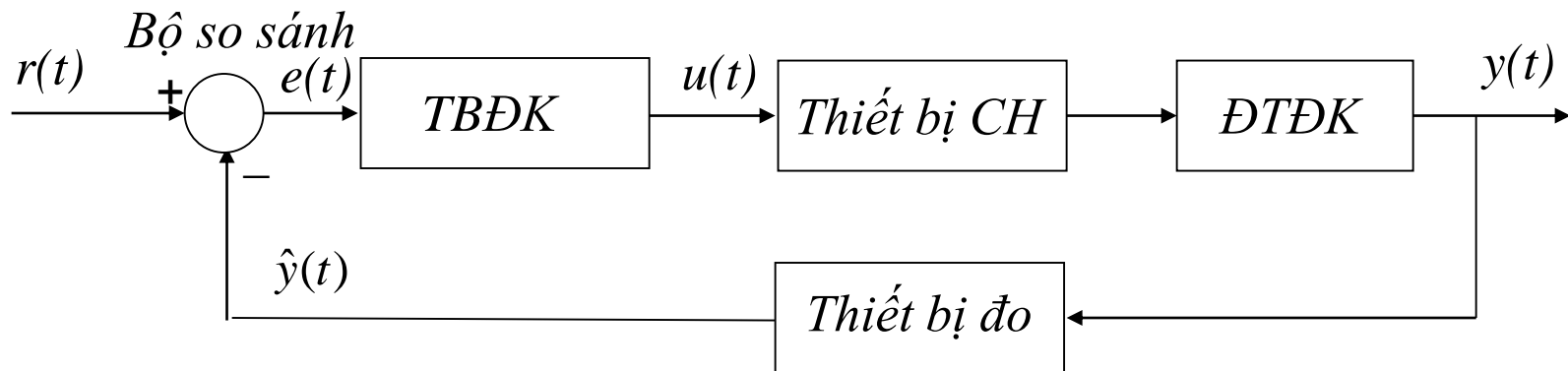
Plant: water tank
Input: water flow
Output: water level $h(t)$
Expected value: h_0
Sensor: float
Controller: lever
Actuator: piston



2. Các nguyên tắc điều khiển

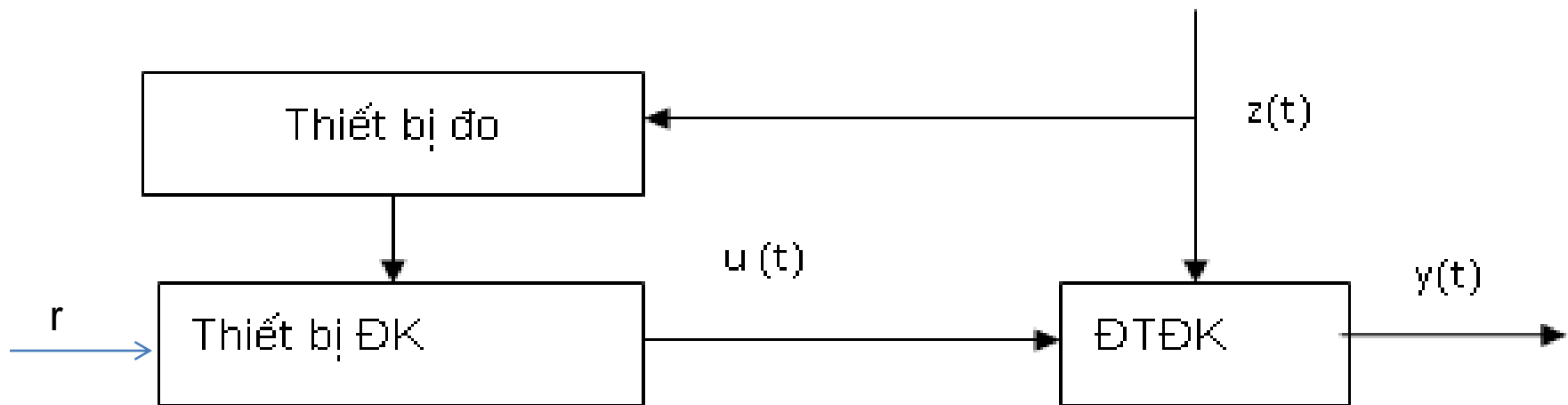
Nguyên tắc điều khiển theo sai lệch

- Tín hiệu điều khiển ở đây được hình thành do sự sai lệch giữa giá trị mong muốn và giá trị đo được của đại lượng cần điều khiển $u=f(e)$. Trong đó $e = r - \hat{y}$.



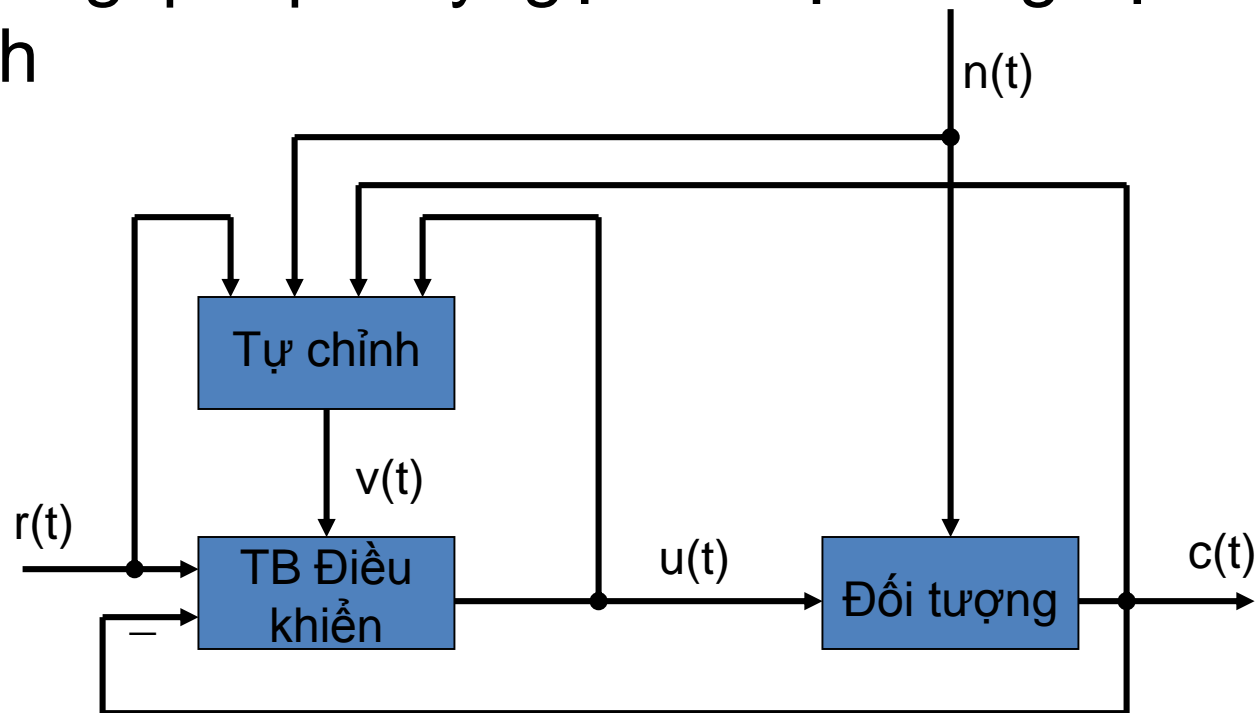
Nguyên tắc điều khiển theo bù nhiễu

- Tín hiệu điều khiển ở đây được hình thành khi xuất hiện nhiễu loạn tác động lên hệ thống. Tín hiệu điều khiển được phát ra nhằm bù lại sự tác động của nhiễu loạn để giữ cho giá trị của đại lượng điều khiển là không đổi. Vì vậy hệ thống này còn gọi là hệ thống điều khiển bất biến.



Nguyên tắc điều khiển thích nghi

- Tác động điều chỉnh dựa trên cơ sở phân tích tính toán sự biến đổi của ĐTĐK, tác động của nhiễu và tín hiệu chủ đạo. Hệ thống sử dụng phương pháp này gọi là hệ thống tự động tự chỉnh

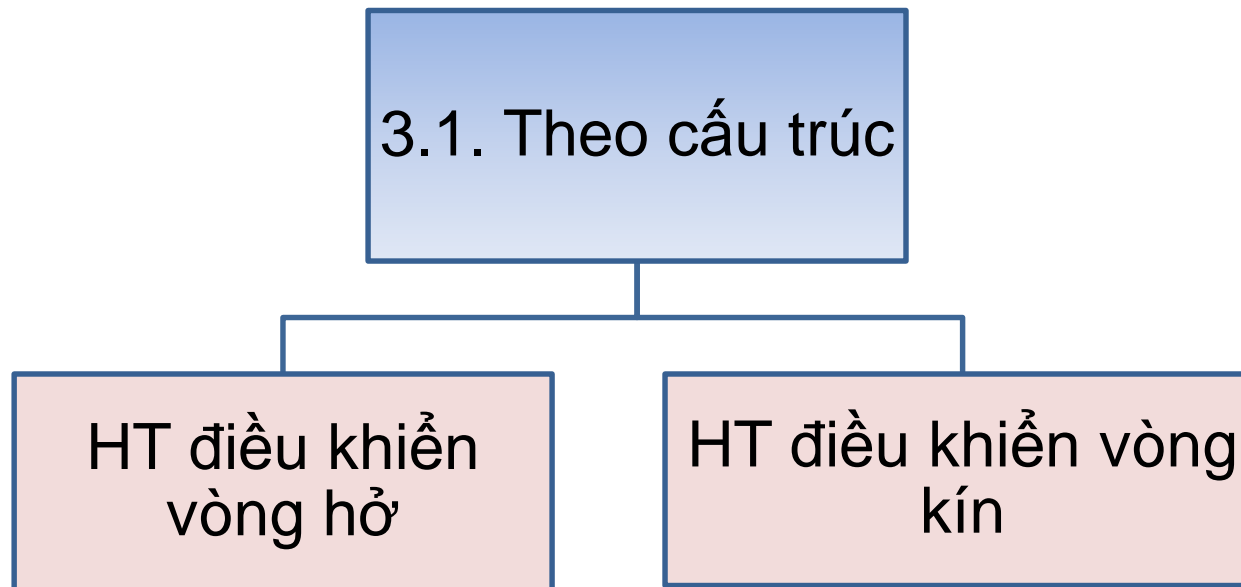


Nguyên tắc điều khiển theo chương trình

- Tín hiệu điều khiển được phát ra do một chương trình định sẵn trong thiết bị điều khiển.

3. Phân loại hệ thống điều khiển

3. Phân loại hệ thống điều khiển



3. Phân loại hệ thống điều khiển

3.2. Theo giá trị đặt

Giá trị đặt là hằng số

- Giá trị mong muốn là hằng số
 - Bộ điều khiển làm việc để giữ cho tín hiệu đầu ra thay đổi xung quanh giá trị đặt
- Ví dụ: Điều khiển nhiệt độ, mức, áp suất.

Điều khiển bám

- Giá trị đặt có thể không biết hoặc thay đổi
 - Bộ điều khiển làm việc để tín hiệu đầu ra bám theo sự thay đổi giá trị đặt
- e.g. Hệ thống điều khiển hướng tự động trên thuyền và máy bay

Điều khiển theo chương trình

- Đầu vào thay đổi theo một chương trình
 - Bộ điều khiển theo chương trình đã lập trình trước
- Ví dụ: máy giặt, đèn giao thông

3. Phân loại hệ thống điều khiển

3.3. Theo tính chất của hệ thống

HT điều khiển tuyến tính

HT điều khiển phi tuyến

$$f(x_1) = y_1 \quad f(x_2) = y_2$$

↓ Nguyên lý xếp chồng

$$f(x_1 + x_2) = f(x_1) + f(x_2) = y_1 + y_2$$

- áp dụng nguyên lý xếp chồng
- được mô tả bởi phương trình vi phân tuyến tính

- được mô tả bởi phương trình vi phân phi tuyến

3. Phân loại hệ thống điều khiển

3.4. Theo dạng tín hiệu

HT điều
khiển liên tục

Tất cả các tín hiệu là hàm liên tục theo thời gian t

HT điều
khiển rời rạc

Các tín hiệu hoặc dưới dạng xung hoặc mã hóa

Ví dụ HT điều khiển số

3. Phân loại hệ thống điều khiển

3.5. Theo các thông số

Hệ tham số
hằng

Các thông số của hệ thống là
hằng số

Hệ biến đổi
theo thời
gian

Hệ thống chứa các thành phần
bị trôi hoặc thay đổi theo thời
gian

Ví dụ: hệ thống tên lửa dẫn đường

4. Lịch sử phát triển

4.1 Điều khiển kinh điển (classical control)

Điều khiển kinh điển có trước năm 1960

Mô tả hệ thống trong miền tần số (phép biến đổi Fourier) và mặt phẳng s (phép biến đổi Laplace)

Các phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống trong lý thuyết điều khiển kinh điển gồm có phương pháp Nyquist, Bode, và phương pháp quỹ đạo nghiệm số

Điều khiển tỷ lệ – tích phân – vi phân (PID)

4. Lịch sử phát triển

4.2 Điều khiển hiện đại (modern control)

Điều khiển hiện đại từ khoảng năm 1960 đến nay

Kỹ thuật thiết kế hệ thống hiện đại dựa trên miền thời gian. Mô tả toán học dùng để phân tích và thiết kế hệ thống là phương trình trạng thái

Bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái

Với sự phát triển của lý thuyết điều khiển số và hệ thống rời rạc, lý thuyết ĐK hiện đại rất thích hợp để thiết kế các bộ ĐK là các chương trình phần mềm chạy trên vi xử lý và máy tính số

4. Lịch sử phát triển

4.3 Điều khiển thông minh (intelligent control)

Điều khiển kinh điển và điều khiển hiện đại gọi là điều khiển thông thường, có khuyết điểm là để thiết kế được HTĐK cần phải biết mô hình toán học của đối tượng

Trong khi đó có những đối tượng ĐK rất phức tạp, rất khó hoặc không thể xác định được mô hình toán. Điều khiển thông minh có thể giải quyết được

Các phương pháp điều khiển thông minh như điều khiển mờ, mạng nơ ron, thuật toán di truyền mô phỏng/bắt chước các hệ thống thông minh sinh học, về nguyên tắc không cần dùng mô hình toán học để thiết kế hệ thống, do đó có khả năng ứng dụng thực tế rất cao

5. Các bước thiết kế hệ thống điều khiển

1. Nghiên cứu đối tượng cần ĐK và quyết định các loại cảm biến và thiết bị chấp hành sẽ sử dụng.
2. Mô hình hóa hệ thống cần ĐK; đơn giản hóa mô hình nếu cần thiết.
3. Phân tích mô hình; xác định các tính chất của nó.
4. Quyết định các chỉ tiêu chất lượng của hệ.
5. Quyết định cấu trúc điều khiển.

5. Các bước thiết kế hệ thống điều khiển

6. Thiết kế bộ ĐK thỏa mãn các chỉ tiêu CL đặt ra, nếu không, giảm bớt chỉ tiêu hoặc tổng quát hóa cấu trúc bộ ĐK.
7. Mô phỏng hệ thống ĐK vừa nhận được, hoặc trên máy tính hoặc trên đối tượng thử nghiệm.
8. Lặp lại bước 1 nếu cần thiết.
9. Chọn các phần cứng và phần mềm và thực hiện bộ ĐK.
10. Chỉnh định trực tuyến (on-line) bộ ĐK nếu cần thiết.