



Môn học

LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Giảng viên: ThS Huỳnh Thái Hoàng
Bộ môn Điều Khiển Tự Động
Khoa Điện – Điện Tử
Đại học Bách Khoa TP.HCM
Email: hthoang@dee.hcmut.edu.vn



Nội dung môn học

- ★ Chương 1: Phần tử và hệ thống điều khiển tự động
- ★ Chương 2: Mô tả toán học hệ thống điều khiển liên tục
- ★ Chương 3: Đặc tính động học
- ★ Chương 4: Đánh giá tính ổn định của hệ thống
- ★ Chương 5: Chất lượng của hệ thống điều khiển
- ★ Chương 6: Thiết kế hệ thống điều khiển liên tục
- ★ Chương 7: Phân tích hệ thống điều khiển rời rạc
- ★ Chương 8: Thiết kế hệ thống điều khiển rời rạc
- ★ Chương 9: Hệ thống điều khiển phi tuyến



Tài liệu tham khảo

- ★ Giáo trình: **Lý thuyết điều khiển tự động**
Nguyễn Thị Phương Hà – Huỳnh Thái Hoàng
NXB Đại học Quốc Gia TP HCM
- ★ Bài tập: **Bài tập điều khiển tự động**
Nguyễn Thị Phương Hà
NXB Đại học Quốc Gia TP HCM
- ★ Tham khảo: tất cả các tài liệu có các từ khóa:
control, control theory, control system, feedback control
TD: **Automatic Control Systems**, B. C. Kuo.
Modern Control Engineering, K. Otaga.
Modern Control System Theory and Design, S.M. Shinnars
Feedback Control Systems, J.V.De Vegte.



Chương 1

PHẦN TỬ VÀ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG



Nội dung chương 1

- ★ Khái niệm điều khiển
- ★ Các nguyên tắc điều khiển
- ★ Phân loại điều khiển
- ★ Một số ví dụ về các hệ thống điều khiển



Khái niệm về điều khiển



Khái niệm

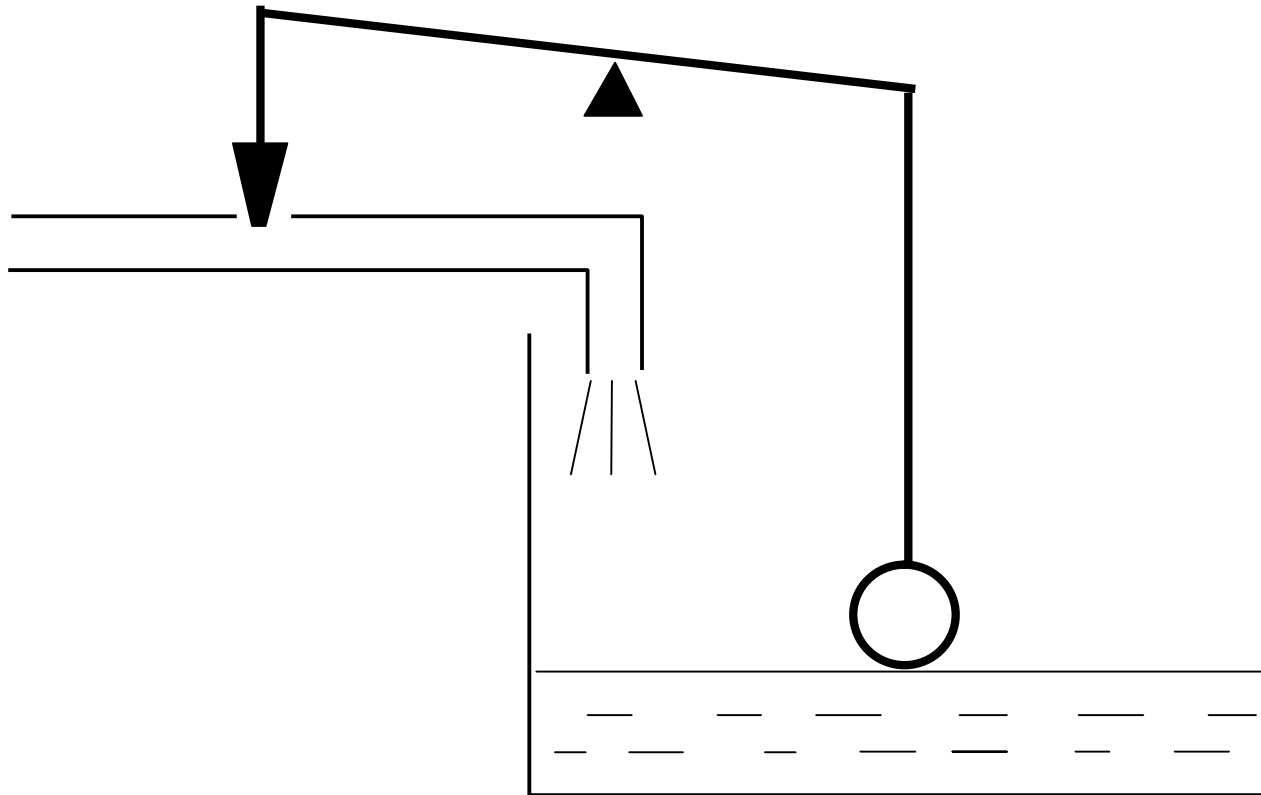
- ★ **Thí dụ 1:** Lái xe, mục tiêu giữ tốc độ xe ổn định $v=40\text{km/h}$
 - ▲ Mắt quan sát đồng hồ đo tốc độ
 - ⇒ thu thập thông tin.
 - ▲ Bộ não điều khiển tăng tốc nếu $v < 40\text{km/h}$, giảm tốc nếu $v > 40\text{km/h}$
 - ⇒ xử lý thông tin
 - ▲ Tay giảm ga hoặc tăng ga
 - ⇒ tác động lên hệ thống

Kết quả của quá trình điều khiển trên: xe chạy với tốc độ “gần” bằng 40km/h .

- ★ **Định nghĩa:** 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 “gần” với mục đích định trước. Điều khiển tự động là quá trình điều khiển không có sự tác động của con người.



Hệ thống điều khiển mực chất lỏng đơn giản





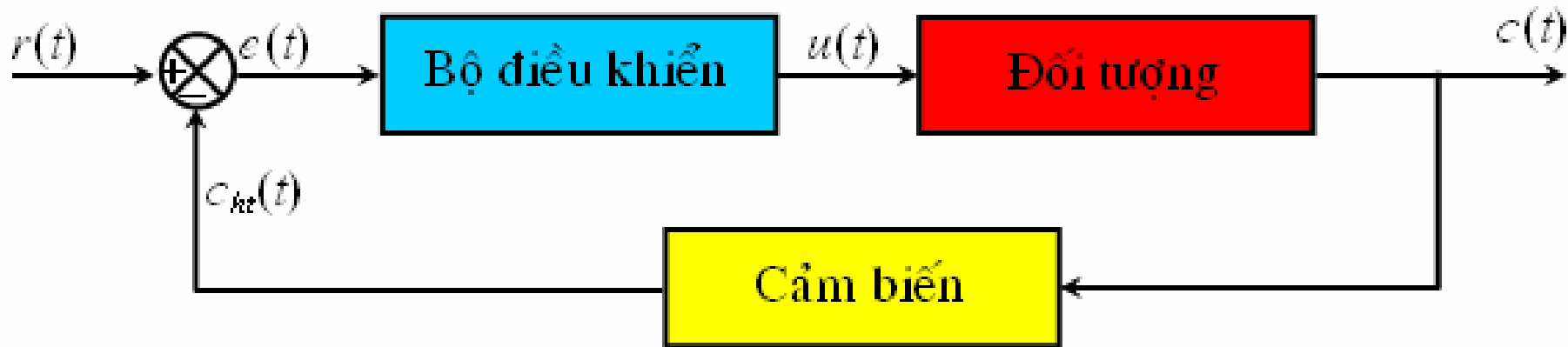
Tại sao cần phải điều khiển tự động

- ★ Đáp ứng của hệ thống không thỏa mãn yêu cầu
- ★ Tăng độ chính xác
- ★ Tăng hiệu quả kinh tế



Các thành phần cơ bản của hệ thống điều khiển

3 thành phần cơ bản: đối tượng, bộ điều khiển, cảm biến



Các ký hiệu viết tắt:

- $r(t)$ (reference input): tín hiệu vào, tín hiệu chuẩn.
- $c(t)$ (controlled output): tín hiệu ra.
- $c_{kt}(t)$: tín hiệu hồi tiếp.
- $e(t)$ (error): sai số.
- $u(t)$: tín hiệu điều khiển.



Các bài toán cơ bản trong lĩnh vực điều khiển tự động

- ★ **Phân tích hệ thống**: Cho hệ thống tự động đã biết cấu trúc và thông số. Bài toán đặt ra là 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.
- ★ **Nhận dạng hệ thống**: Chưa biết cấu trúc và thông số của hệ thống. Vấn đề đặt ra là xác định cấu trúc và thông số của hệ thống.

Môn học Lý thuyết ĐKTD chỉ giải quyết bài toán phân tích hệ thống và thiết kế hệ thống. Bài toán nhận dạng hệ thống sẽ được nghiên cứu trong môn học khác.



Các nguyên tắc điều khiển



Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi

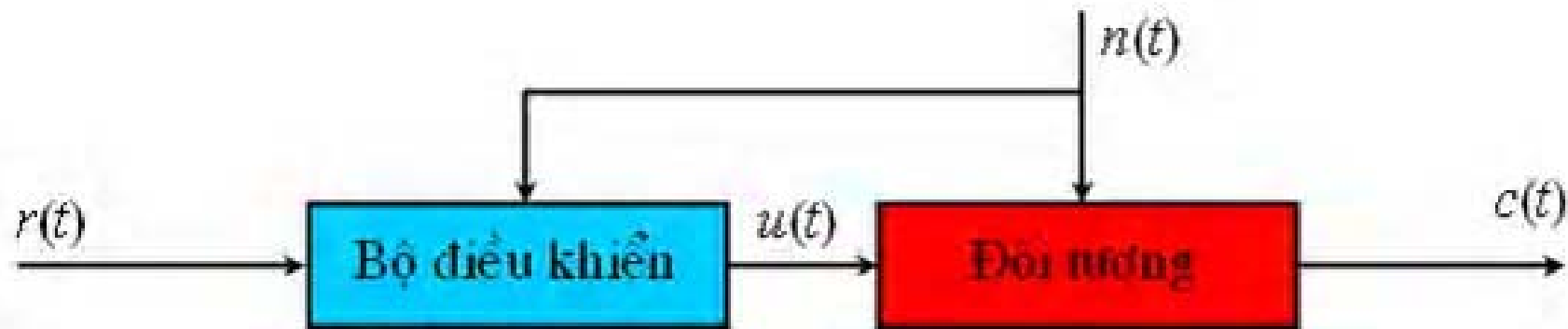
- ★ Muốn hệ thống điều khiển có chất lượng cao thì bắt buộc phải có phản hồi thông tin, tức phải có đo lường các tín hiệu từ đối tượng.

- ★ Các sơ đồ điều khiển dựa trên nguyên tắc phản hồi thông tin:
 - ▲ Điều khiển bù nhiễu
 - ▲ Điều khiển san bằng sai lệch
 - ▲ Điều khiển phối hợp



Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi (tt)

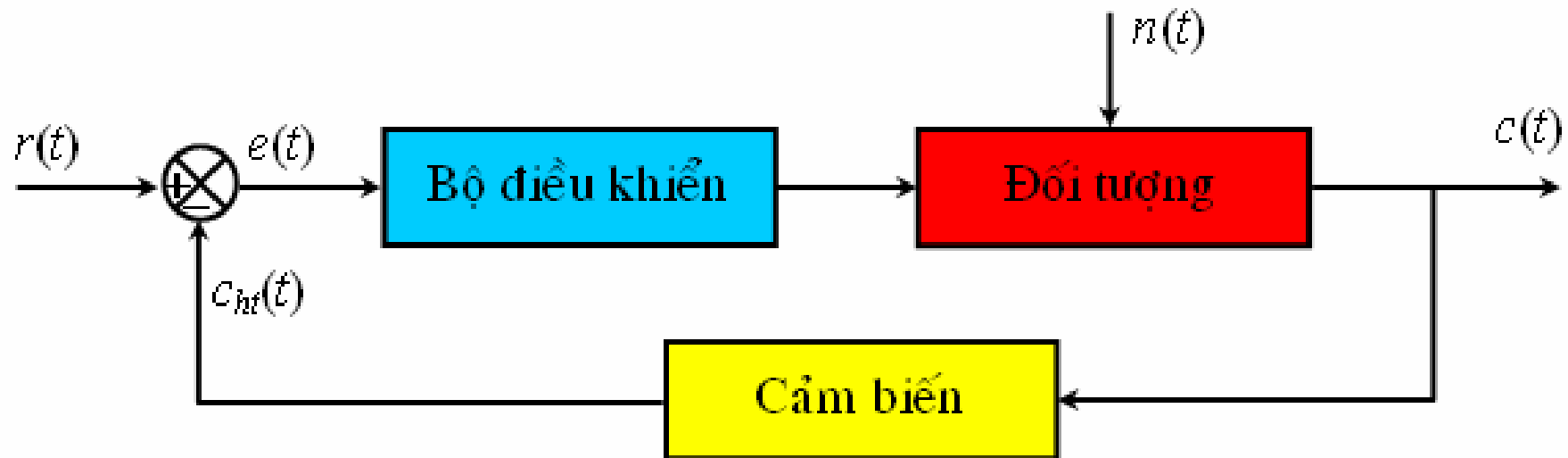
★ Sơ đồ điều khiển bù nhiễu





Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi (tt)

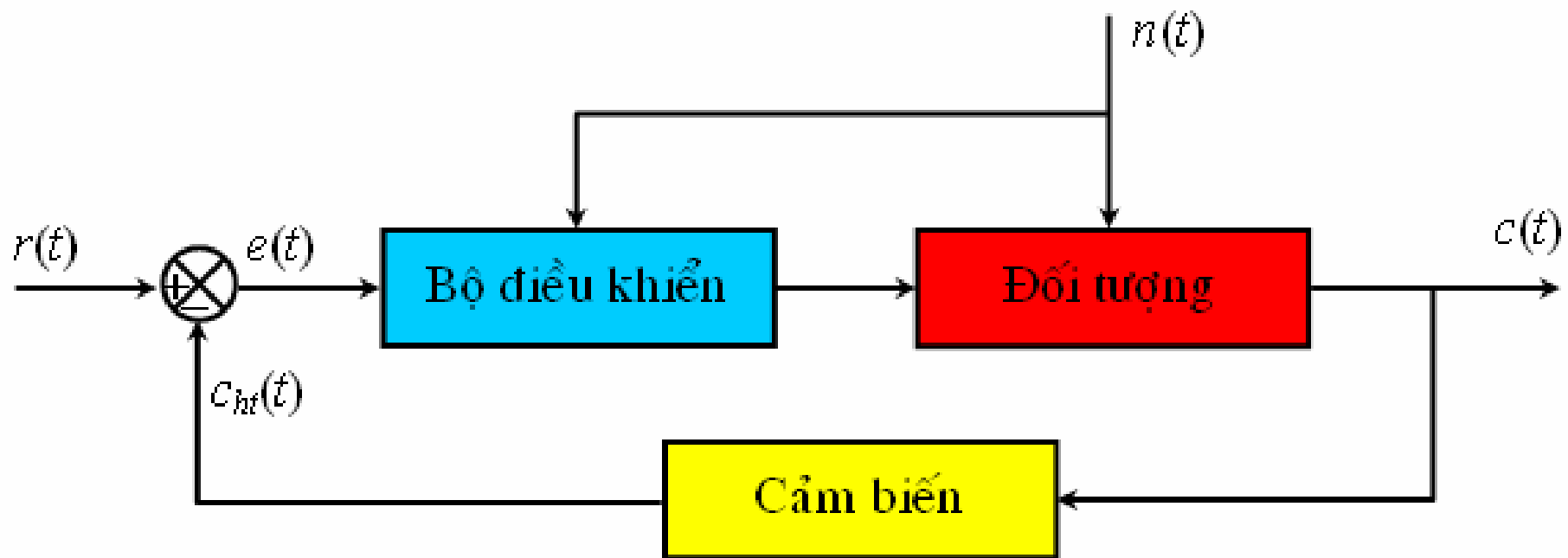
★ Sơ đồ điều khiển san bằng sai lệch





Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi (tt)

★ Sơ đồ điều khiển kết hợp





Nguyên tắc 2: Nguyên tắc đa dạng tương xứng

- ★ Muốn quá trình điều khiển có chất lượng thì sự đa dạng của bộ điều khiển phải tương xứng với sự đa dạng của đối tượng. Tính đa dạng của bộ điều khiển thể hiện ở khả năng thu thập thông tin, lưu trữ thông tin, truyền tin, phân tích xử lý, chọn quyết định,...
- ★ **Ý nghĩa:** Cần thiết kế bộ điều khiển phù hợp với đối tượng.
- ★ **Thí dụ:** Hãy so sánh yêu cầu chất lượng điều khiển và bộ điều khiển sử dụng trong các hệ thống sau:
 - ▲ Điều khiển nhiệt độ bàn ủi (chấp nhận sai số lớn) với điều khiển nhiệt độ lò sấy (không chấp nhận sai số lớn).
 - ▲ Điều khiển mực nước trong bồn chứa của khách sạn (chỉ cần đảm bảo luôn có nước trong bồn) với điều khiển mực chất lỏng trong các dây chuyền sản xuất (mực chất lỏng cần giữ không đổi).
 - ▲ ...



Nguyên tắc 3: Nguyên tắc bổ sung ngoài

- ★ Một hệ thống luôn tồn tại và hoạt động trong môi trường cụ thể và có tác động qua lại chặt chẽ với môi trường đó. Nguyên tắc bổ sung ngoài thừa nhận có một đối tượng chưa biết (hộp đen) tác động vào hệ thống và ta phải điều khiển cả hệ thống lẫn hộp đen.
- ★ Ý nghĩa: Khi thiết kế hệ thống tự động, muốn hệ thống có chất lượng cao thì không thể bỏ qua nhiều



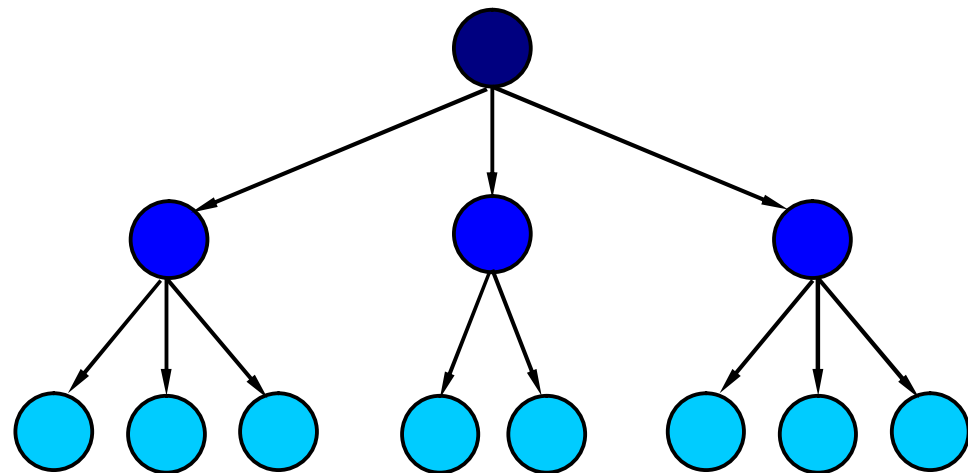
Nguyên tắc 4: Nguyên tắc dự trữ

- ★ Vì nguyên tắc 3 luôn coi thông tin chưa đầy đủ phải đề phòng các bất trắc xảy ra và không được dùng toàn bộ lực lượng trong điều kiện bình thường. Vốn dự trữ không sử dụng, nhưng cần để đảm bảo cho hệ thống vận hành an toàn.



Nguyên tắc 5: Nguyên tắc phân cấp

- ★ Một hệ thống điều khiển phức tạp cần xây dựng nhiều lớp điều khiển bổ sung cho trung tâm. Cấu trúc phân cấp thường sử dụng là cấu trúc hình cây.
- ★ Đa số hệ thống điều khiển trong các dây chuyền sản xuất hiện nay có thể chia làm 3 cấp:
 - ▲ Cấp thực thi: điều khiển thiết bị, đọc tín hiệu từ cảm biến.
 - ▲ Cấp phối hợp
 - ▲ Cấp tổ chức và quản lý





Nguyên tắc 6: Nguyên tắc cân bằng nội

- ★ Mọi hệ thống cân xây dựng cơ chế cân bằng nội để có khả năng tự giải quyết những biến động xảy ra.



Phân loại hệ thống điều khiển



Phân loại dựa trên mô tả toán học của hệ thống

★ **Hệ thống liên tục:** Hệ thống liên tục được mô tả bằng phương trình vi phân.

Hệ thống rời rạc: Hệ thống rời rạc được mô tả bằng phương trình sai phân.

★ **Hệ thống tuyến tính:** hệ thống được mô tả bởi hệ phương trình vi phân/sai phân tuyến tính.

Hệ thống phi tuyến: hệ thống mô tả bởi hệ phương trình vi phân/sai phân phi tuyến.

★ **Hệ thống bất biến theo thời gian:** hệ số của phương trình vi phân/ sai phân mô tả hệ thống không đổi.

Hệ thống biến đổi theo thời gian: hệ số của phương trình vi phân/ sai phân mô tả hệ thống thay đổi theo thời gian.



Phân loại dựa trên số ngõ vào – ngõ ra hệ thống

★ **Hệ thống một ngõ vào – một ngõ ra (hệ SISO):** (Single Input – Single Output).

Hệ thống nhiều ngõ vào – nhiều ngõ ra (hệ MIMO): (Multi Input – Multi Output).

Đa số các hệ thống trong thực tế đều là hệ phi tuyến biến đổi theo thời gian, nhiều ngõ vào, nhiều ngõ ra.

Môn học Lý thuyết điều khiển tự động chủ yếu đề cập đến lý thuyết điều khiển hệ tuyến tính bất biến, một ngõ vào, một ngõ ra



Phân loại theo chiến lược điều khiển

- ★ Mục tiêu điều khiển thường gặp nhất là sai số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào chuẩn càng nhỏ càng tốt. Tùy theo dạng tín hiệu vào mà ta có các loại điều khiển sau:
- ★ **Điều khiển ổn định hóa**: Nếu tín hiệu chuẩn $r(t) = const$, ta gọi là điều khiển ổn định hóa.
- ★ **Điều khiển theo chương trình**: Tín hiệu vào $r(t)$ là hàm thay đổi theo thời gian nhưng đã biết trước.
- ★ **Điều khiển theo dõi**: Tín hiệu vào $r(t)$ là hàm không biết trước theo thời gian.



Lịch sử phát triển lý thuyết điều khiển

- ★ Điều khiển kinh điển
- ★ Điều khiển hiện đại
- ★ Điều khiển thông minh



Điều khiển kinh điển

- ★ Mô tả toán học dùng để phân tích và thiết kế hệ thống là hàm truyền.
- ★ Đặc điểm:
 - ▲ Đơn giản
 - ▲ Áp dụng thuận lợi cho hệ thống tuyến tính bất biến một ngõ vào, một ngõ ra.
 - ▲ Kỹ thuật thiết kế trong miền tần số.
- ★ Các phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống:
 - ▲ Quỹ đạo nghiệm số.
 - ▲ Đặc tính tần số: biểu đồ Nyquist, biểu đồ Bode.
- ★ Bộ điều khiển:
 - ▲ Sớm trễ pha
 - ▲ PID (Proportional – Integral – Derivative)



Điều khiển hiện đại

- ★ Mô tả toán học dùng để phân tích và thiết kế hệ thống là phương trình trạng thái.
- ★ Đặc điểm:
 - ▲ Có thể áp dụng cho hệ thống phi tuyến, biến đổi theo thời gian, nhiều ngõ vào, nhiều ngõ ra.
 - ▲ Kỹ thuật thiết kế trong miền thời gian
- ★ Các phương pháp thiết kế hệ thống:
 - ▲ Điều khiển tối ưu.
 - ▲ Điều khiển thích nghi.
 - ▲ Điều khiển bền vững
- ★ Bộ điều khiển:
 - ▲ Hồi tiếp trạng thái



- ★ Về nguyên tắc không cần dùng mô hình toán học để thiết kế hệ thống.
- ★ Đặc điểm:
 - ▲ Mô phỏng/bắt chước các hệ thống thông minh sinh học.
 - ▲ Bộ điều khiển có khả năng xử lý thông tin không chắc chắn, có khả năng học, có khả năng xử lý lượng lớn thông tin.
- ★ Các phương pháp điều khiển thông minh
 - ▲ Điều khiển mờ (Fuzzy Control).
 - ▲ Mạng thần kinh nhân tạo (Neural Network).
 - ▲ Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm).
 - ▲ ...



Nội dung môn học Lý thuyết điều khiển tự động

- ★ Nội dung chính của môn học LT ĐKTD chủ yếu đề cập đến các phương pháp kinh điển **phân tích, thiết kế hệ thống tuyến tính, bất biến, một ngõ vào, một ngõ ra**. Do vậy kiến thức có được từ môn học giúp kỹ sư có thể **phân tích, thiết kế hệ thống điều khiển ở cấp thực thi** (cấp điều khiển thiết bị trong hệ thống điều khiển phân cấp).



Các môn học liên quan

- ★ Để có thể thiết kế được các hệ thống điều khiển ở **cấp thực thi** thực tế, ngoài kiến thức về lý thuyết điều khiển tự động người thiết kế cần nắm vững kiến thức các liên quan như:
 - ▲ Đo lường công nghiệp
 - ▲ Mạch điện, mạch điện tử
 - ▲ Kỹ thuật số, vi xử lý
 - ▲ Đo lường điều khiển dùng máy tính,...



Các môn học tiếp theo Lý thuyết điều khiển tự động

- ★ Các PP **điều khiển hiện đại** sẽ được đề cập đến trong môn học:
 - ▲ Lý thuyết điều khiển nâng cao (bậc Đại học).
 - ▲ Điều khiển tối ưu (bậc Cao học).
 - ▲ Điều khiển thích nghi bền vững (bậc Cao học).
 - ▲ Điều khiển hệ đa biến (bậc Cao học).
 - ▲ Điều khiển hệ phi tuyến (bậc Cao học).
- ★ Các PP **điều khiển thông minh** sẽ được đề cập đến trong môn học:
 - ▲ Trí tuệ nhân tạo và hệ chuyên gia (bậc Đại học)
 - ▲ Hệ thống điều khiển thông minh (bậc Cao học).
 - ▲ Mạng neuron nhận dạng, dự báo và điều khiển (bậc Cao học).
- ★ Các PP **nhận dạng hệ thống** sẽ được đề cập đến trong môn học:
 - ▲ Mô hình mô phỏng (bậc Đại học)
 - ▲ Mô hình hóa, nhận dạng và mô phỏng (bậc Cao học)



Một số thí dụ về các hệ thống điều khiển



Các ứng dụng của lý thuyết 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,....
 - ▲ Quá trình công nghiệp: nhiệt độ, lưu lượng, áp suất, tốc độ,...
 - ▲ Hệ cơ điện tử: cánh tay máy, máy công cụ,...
 - ▲ Hệ thống thông tin
 - ▲ Hệ thống sản xuất và truyền tải năng lượng
 - ▲ Phương tiện giao thông: xe hơi, tàu hỏa, máy bay, tàu vũ trụ,...
 - ▲ Thiết bị quân sự
 - ▲ Thiết bị đo lường
 - ▲ Thiết bị điện tử dân dụng: máy điều hòa, ti vi, tủ lạnh, máy giặt, máy ảnh, nồi cơm điện,...
 - ▲ Thiết bị y tế



Hệ thống điều khiển nhiệt độ

- ★ Nhiệt độ là đại lượng tham gia vào nhiều quá trình công nghệ: sản xuất xi măng, gạch men, nhựa, cao su, hóa dầu, thực phẩm,...
- ★ Mục tiêu điều khiển thường là giữ cho nhiệt độ ổn định (điều khiển ổn định hóa) hay điều khiển nhiệt độ thay đổi theo đặc tính thời gian định trước (điều khiển theo chương trình).



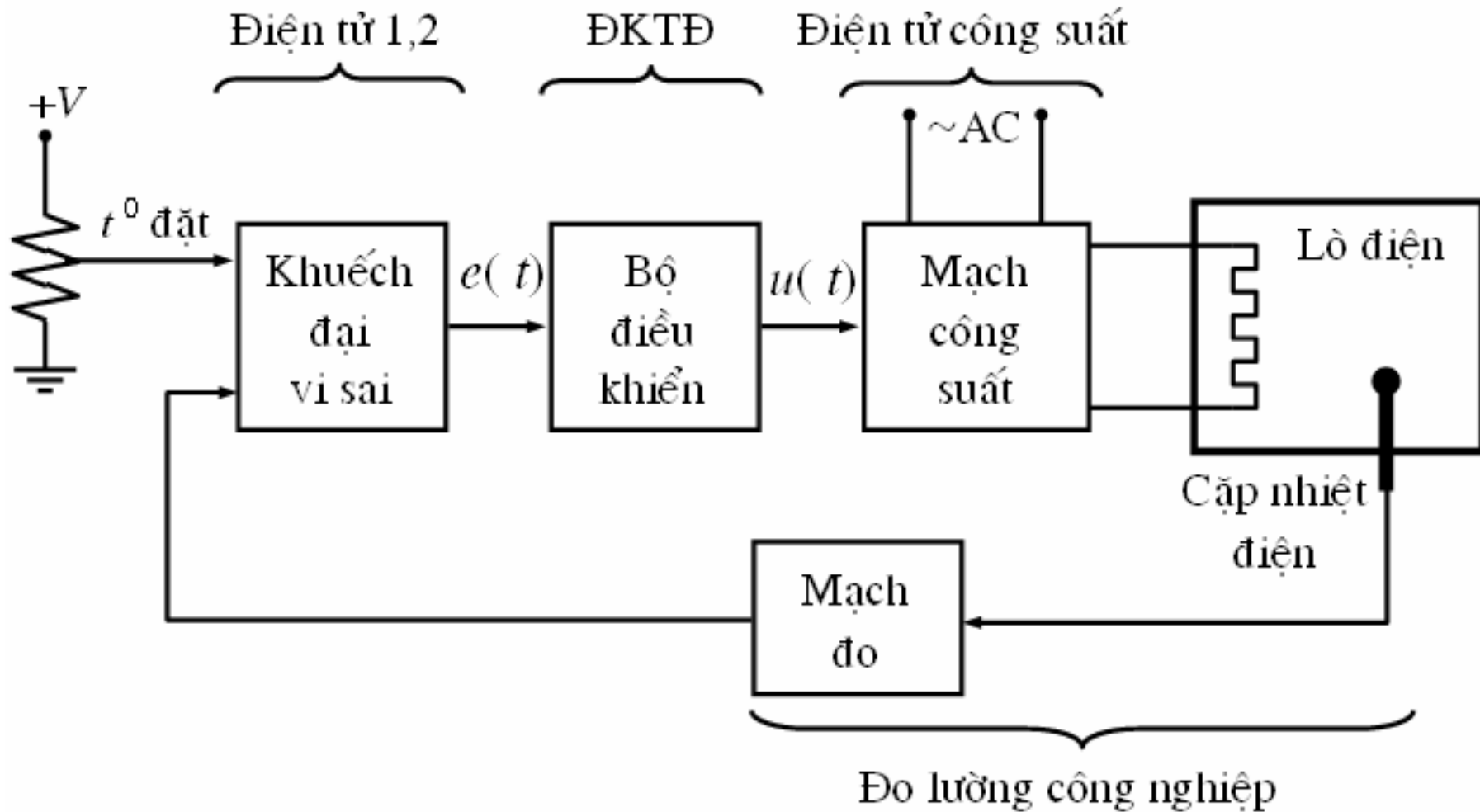
Nhà máy xi măng



Nhà máy giấy

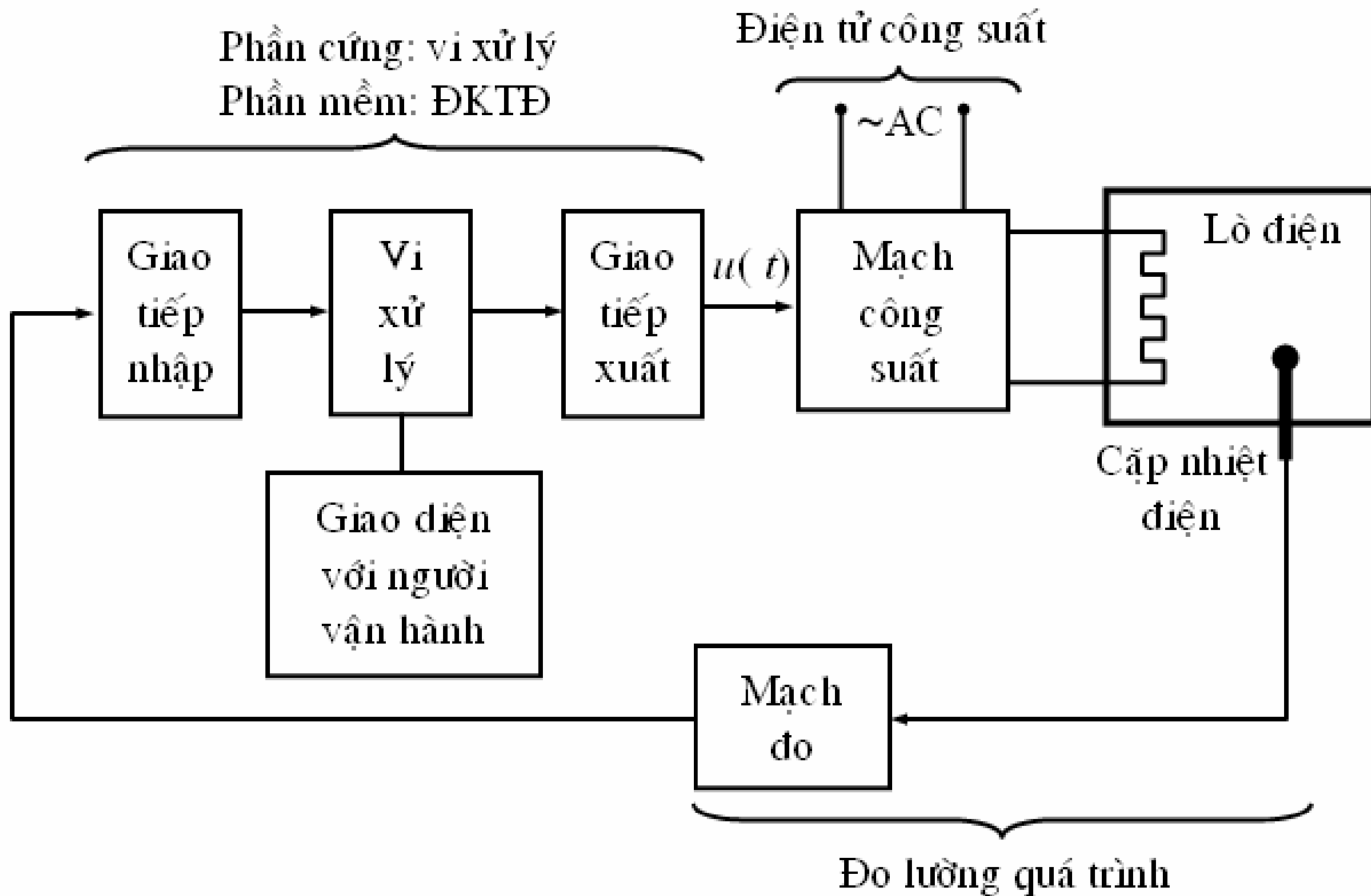


Hệ thống ổn định nhiệt độ





Hệ thống điều khiển nhiệt độ theo chương trình





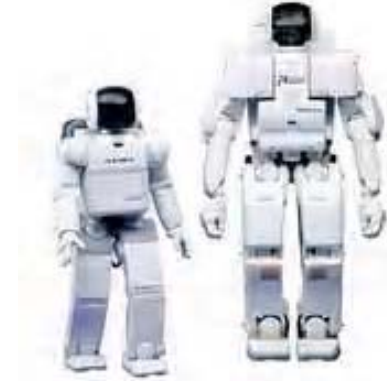
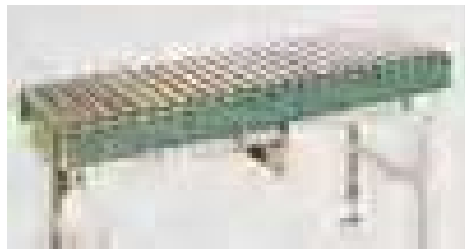
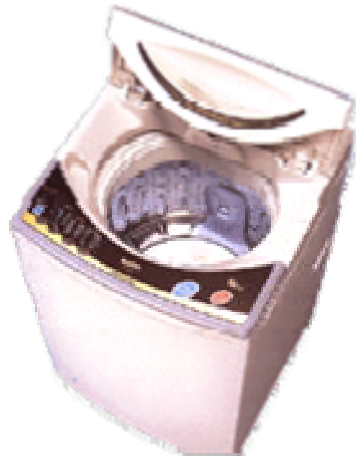
Một hệ thống điều khiển nhiệt độ thực tế





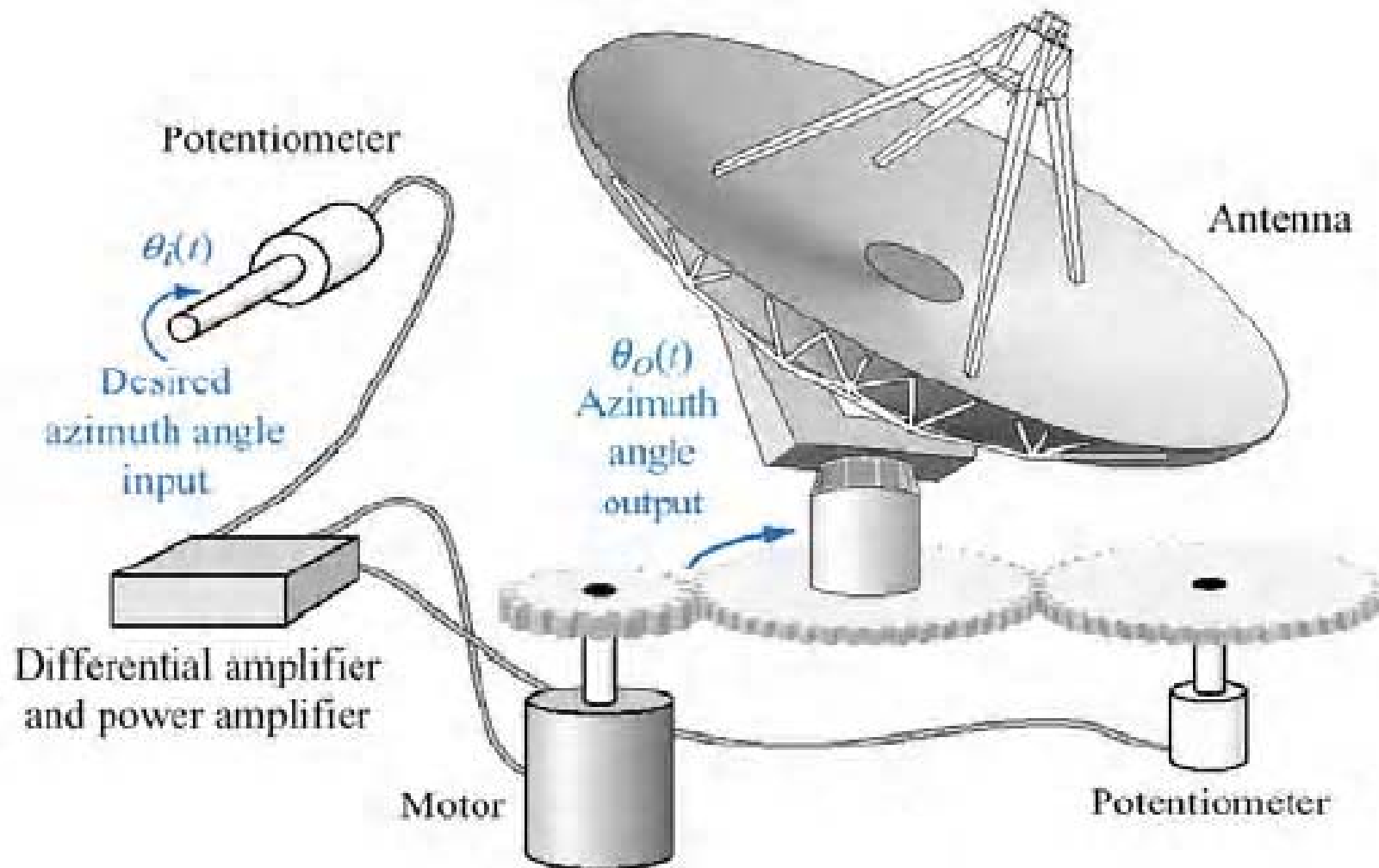
Hệ thống điều khiển động cơ

- ★ Động cơ (DC, AC) là thiết bị truyền động được sử dụng rất phổ biến trong máy móc, dây chuyền sản xuất.
- ★ Có 3 bài toán điều khiển thường gặp: điều khiển tốc độ, điều khiển vị trí, điều khiển moment.





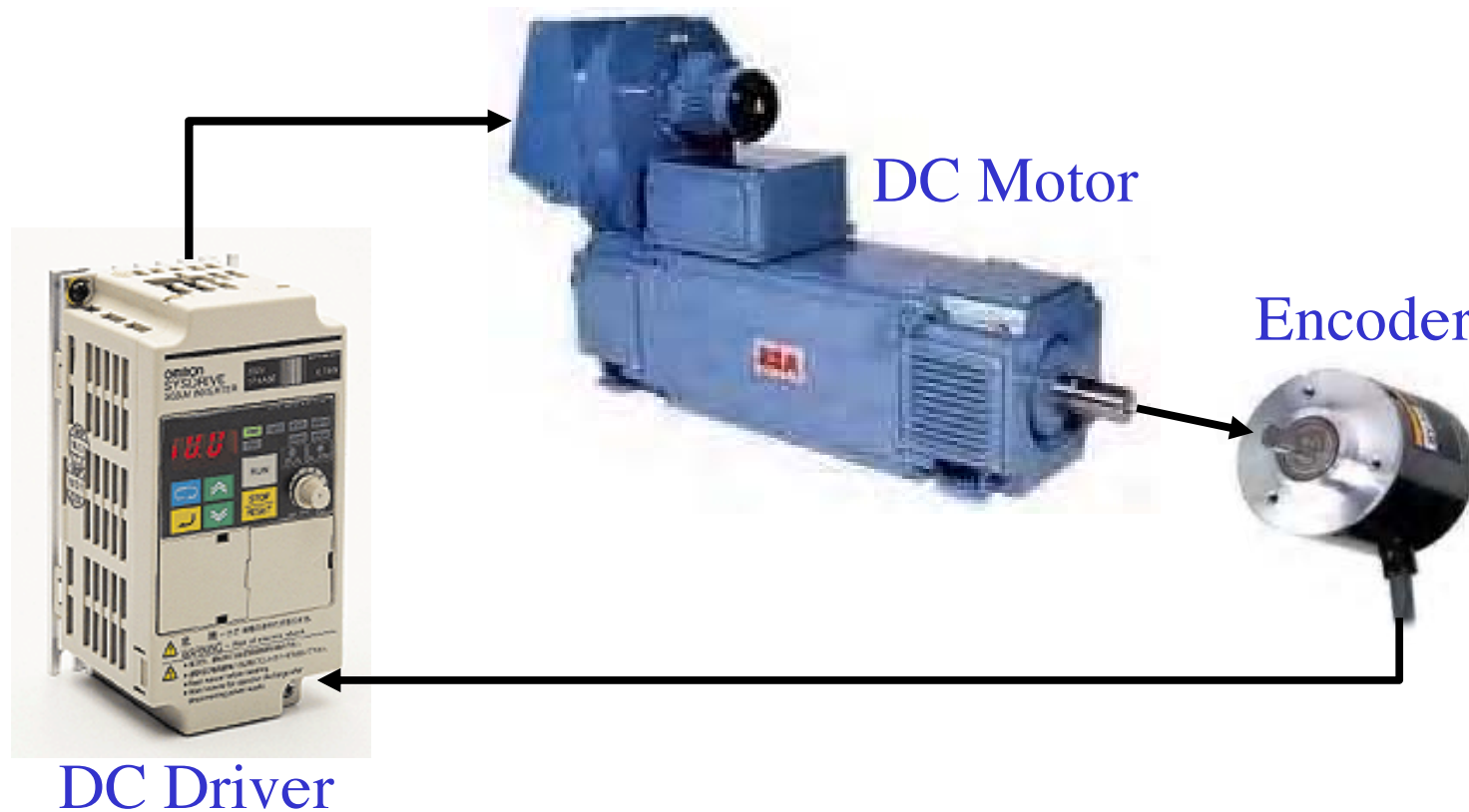
Hệ thống điều khiển định vị anten





Hệ thống điều khiển động cơ thực tế

- ★ Động cơ: DC, AC
- ★ Cảm biến: biến trở, máy phát tốc, encoder
- ★ Bộ điều khiển: DC Driver, AC Driver (Inverter)



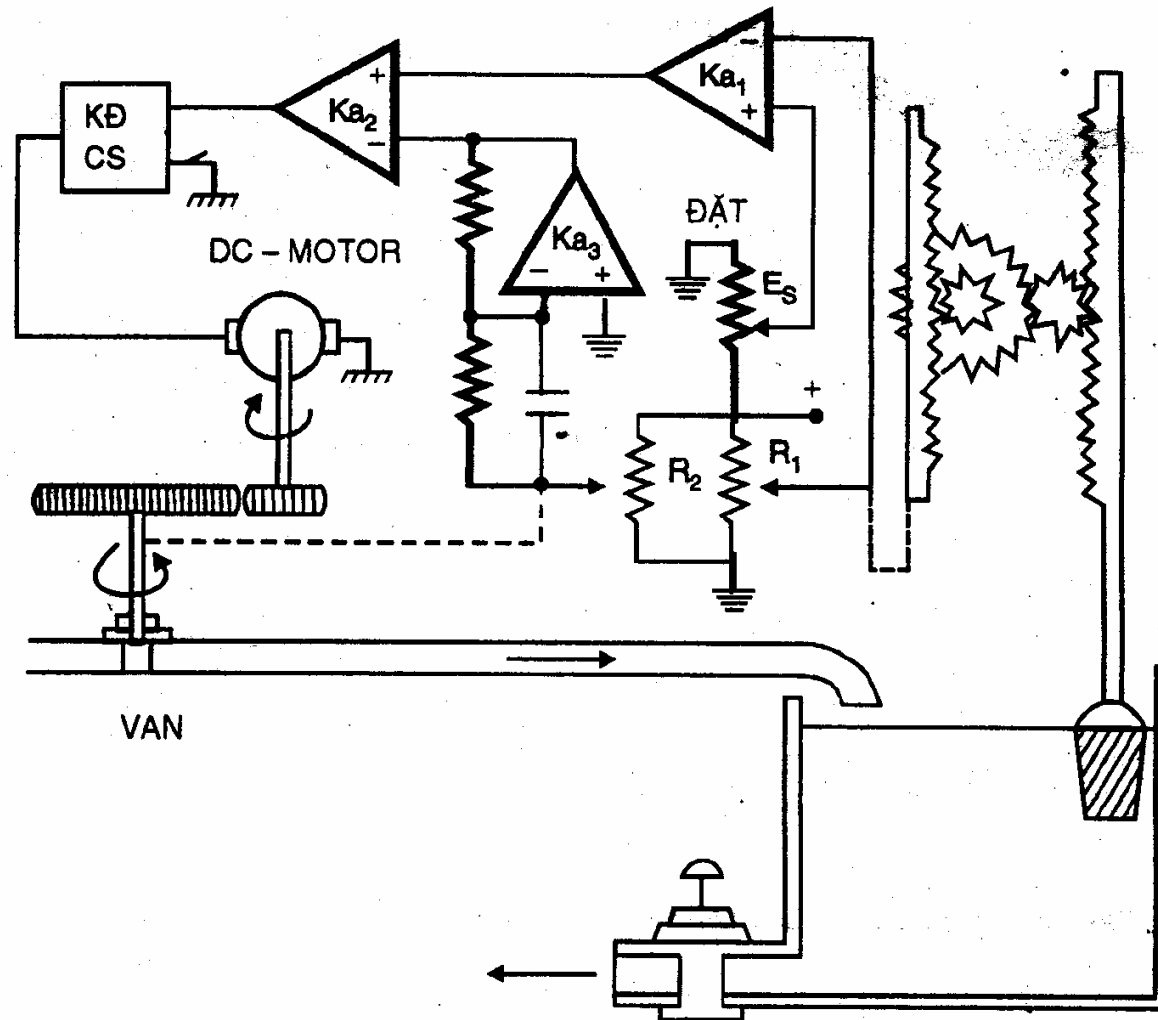


Hệ thống điều khiển mực chất lỏng

- ★ Hệ thống điều khiển mực chất lỏng thường gặp trong các quá trình công nghiệp chế biến thực phẩm, nước giải khát, các hệ thống xử lý nước thải,...
- ★ Điều khiển mực chất lỏng, điều khiển lưu lượng chất lỏng
- ★ Các loại cảm biến đo mức chất lỏng:
 - ▲ Cảm biến đo dịch chuyển: biến trở, encoder
 - ▲ Cảm biến áp suất
 - ▲ Cảm biến điện dung



Một thí dụ hệ thống điều khiển mực chất lỏng



Hình vẽ tham khảo từ giáo trình: Cơ sở tự động học, Lương văn Lãng, NXB Đại học Quốc Gia



Mô hình điều khiển mực chất lỏng trong phòng thí nghiệm

