

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP



LƯU ĐĂNG KHOA

**" NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH MỨC VÀ
NHIỆT ĐỘ BÌNH BAO HƠI BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID MỜ "**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

Thái Nguyên - năm 2014

Chương 1

GIỚI THIỆU VỀ CÁC ĐỐI TƯỢNG ĐA BIẾN TRONG ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH

Trước khi tiến hành phân tích đối tượng điều khiển đa biến, ta nêu lại một số khái niệm cơ bản sẽ sử dụng trong quá trình thiết kế luận văn như sau:

1.1. Các khái niệm cơ bản về quá trình và điều khiển quá trình

1.1.1. Các khái niệm cơ bản

- Quá trình là một trình tự các diễn biến vật lý, hóa học hoặc sinh học, trong đó vật chất, năng lượng hoặc thông tin được biến đổi, vận chuyển hoặc lưu trữ (*IEC60050-351[1], ANSI/ISA 88.01 [2], DIN 19222 [4]*).

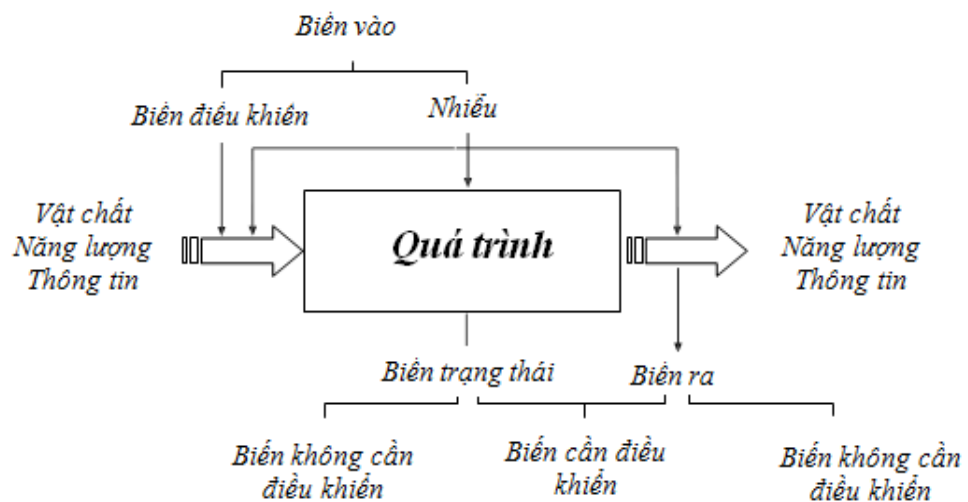
- Quá trình công nghệ là những quá trình liên quan tới biến đổi, vận hành hoặc lưu trữ vật chất và năng lượng, nằm trong một dây chuyền công nghệ hoặc một nhà máy sản xuất năng lượng. Một quá trình công nghệ có thể chỉ đơn giản như quá trình cấp liệu, trao đổi nhiệt, pha chế hỗn hợp nhưng cũng có thể phức tạp hơn như một tổ hợp lò phản ứng - tháp chưng luyện hoặc một tổ hợp lò hơi - turbin.

- Quá trình kỹ thuật là một quá trình với các đại lượng kỹ thuật được đo hoặc và được can thiệp. Khi nói tới quá trình kỹ thuật, ta hiểu là quá trình công nghệ cùng các phương tiện kỹ thuật như thiết bị đo và thiết bị chấp hành. Sự phân biệt giữa hai khái niệm “quá trình kỹ thuật” và “quá trình công nghệ” ở đây không phải là vấn đề từ ngữ, mà chỉ nhằm mục đích thuận tiện trong các nội dung trình bày sau này. Do vậy, nếu không nhấn mạnh thì khái niệm “quá trình” có thể được hiểu là quá trình công nghệ hoặc, quá trình kỹ thuật tùy theo ngữ cảnh sử dụng.

- Điều khiển quá trình được hiểu là ứng dụng kỹ thuật điều khiển tự động trong điều khiển, vận hành và giám sát các quá trình công nghệ, nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm, hiệu quả sản xuất và an toàn cho con người, máy móc, môi trường.

Trạng thái hoạt động và diễn biến của một quá trình thể hiện qua các *biến quá trình*. Khái niệm quá trình cùng với sự phân loại các biến quá trình được minh họa trên hình 1.1. *Biến vào* là một đại lượng hoặc một điều kiện phản ánh tác động

từ bên ngoài vào quá trình, ví dụ lưu lượng dòng nguyên liệu, nhiệt độ hơi nước cấp nhiệt, trạng thái đóng mở của role, sợi đốt,... *Biến ra* là một đại lượng hoặc một điều kiện thể hiện tác động của quá trình ra bên ngoài, ví dụ nồng độ hoặc lưu lượng sản phẩm ra, nồng độ khí thải ở mức bình thường hay quá cao... Nhìn từ quan điểm của lý thuyết hệ thống, các biến vào thể hiện nguyên nhân trong khi các biến ra thể hiện kết quả (quan hệ nhân - quả). Bên cạnh các biến vào ra, nhiều khi ta cũng quan tâm tới các *biến trạng thái*. Các *biến trạng thái* mang thông tin về trạng thái bên trong quá trình, ví dụ nhiệt độ lò, áp suất hơi hoặc mức chất lỏng, hoặc cũng có thể là dẫn xuất từ các đại lượng đặc trưng khác, ví dụ như tốc độ biến thiên nhiệt độ, áp suất hoặc mức. Trong nhiều trường hợp, một biến trạng thái cũng có thể được coi là một biến ra. Ví dụ như mức nước trong một bình chứa vừa có thể coi là biến trạng thái, vừa có thể coi là một biến ra.



Hình 1.1: Quá trình và phân loại biến quá trình

Một cách tổng quát, nhiệm vụ của hệ thống điều khiển quá trình là can thiệp các biến vào của quá trình một cách hợp lý để các biến ra của nó thoả mãn các chỉ tiêu cho trước, đồng thời giảm thiểu ảnh hưởng xấu của quá trình kỹ thuật đối với con người và môi trường xung quanh. Hơn nữa, các diễn biến của quá trình cũng như các tham số, trạng thái hoạt động của các thành phần trong hệ thống cần được theo dõi và giám sát chặt chẽ. Tuy nhiên, trong một quá trình công nghệ thì không phải biến vào nào cũng có thể can thiệp được và không phải biến ra nào cũng cần phải điều khiển.

Biến cần điều khiển (*controller variable, CV*) là một biến ra hoặc một biến trạng thái của quá trình được điều khiển, điều chỉnh sao cho gần với một giá trị mong muốn hay giá trị đặt (*set point, SP*) hoặc bám theo một biến chủ đạo/tín hiệu mẫu (*command variable/reference signal*). Các biến cần điều khiển liên quan hệ trọng tới sự vận hành ổn định, an toàn của hệ thống hoặc chất lượng sản phẩm. Nhiệt độ, mức, lưu lượng, áp suất và nồng độ là những biến cần điều khiển tiêu biểu nhất trong các hệ thống điều khiển quá trình. Các biến ra hoặc biến trạng thái còn lại của quá trình có thể đo, ghi chép hoặc hiển thị.

Biến điều khiển (*manipulated variable, MV*) là một biến vào của quá trình có thể can thiệp trực tiếp từ bên ngoài, qua đó tác động tới biến ra theo ý muốn. Trong điều khiển quá trình thì lưu lượng là biến điều khiển tiêu biểu nhất.

Những biến vào còn lại không can thiệp được một cách trực tiếp hay gián tiếp trong phạm vi quá trình đang quan tâm được coi là nhiễu. Nhiễu tác động tới quá trình một cách không mong muốn, vì thế cần có biện pháp loại bỏ hoặc ít nhất là giảm thiểu ảnh hưởng của nó. Có thể phân biệt hai loại nhiễu có đặc trưng khác hẳn nhau là nhiễu quá trình (*disturbance*) và nhiễu đo (*noise*). Nhiễu quá trình là những biến vào tác động lên quá trình kỹ thuật một cách cố hữu nhưng không can thiệp được, ví dụ trọng lượng hàng cần nâng, lưu lượng chất lỏng ra,.. Còn nhiễu đo hay nhiễu tạp là nhiễu tác động lên phép đo, gây ra sai số trong quá trình đo được.

Lưu ý rằng, cần phân biệt rõ ràng giữa các đầu vào/ra công nghệ và đầu vào/ra nhìn từ lý thuyết hệ thống. Nhìn từ phía công nghệ thì các đầu vào và đầu ra của một quá trình có thể là năng lượng hoặc vật chất, nhưng từ quan điểm hệ thống ta chỉ quan tâm tới thông tin thể hiện qua các biến quá trình.

1.1.2. Mục đích và yêu cầu của điều khiển quá trình

Nhiệm vụ của điều khiển quá trình là đảm bảo điều kiện vận hành an toàn, hiệu quả và kinh tế cho quá trình công nghệ. Trước khi tìm hiểu hoặc xây dựng một hệ thống điều khiển quá trình, người kỹ sư phải làm rõ các mục đích điều khiển và chức năng hệ thống cần thực hiện nhằm đạt được các mục đích đó. Việc đặt bài toán và đi đến xây dựng một giải pháp điều khiển quá trình bao giờ cũng bắt đầu với việc tiến hành phân tích và cụ thể hoá các mục đích điều khiển. Phân

tích mục đích điều khiển là cơ sở quan trọng cho việc đặc tả các chức năng cần thực hiện của hệ thống điều khiển quá trình.

Toàn bộ các chức năng của một hệ thống điều khiển quá trình có thể phân loại và sắp xếp nhằm phục vụ năm mục đích cơ bản sau đây:

- Vận hành ổn định

Để đảm bảo một nhà máy vận hành ổn định và trơn tru, yêu cầu trước tiên là từng tổ hợp công nghệ và từng quá trình phải vận hành ổn định cũng như sự phối hợp giữa chúng phải nhịp nhàng, trơn tru. Trong lý thuyết điều khiển tự động, chúng ta đã có những định nghĩa chặt chẽ tính ổn định của một hệ thống và cách xác định tính ổn định bằng các công cụ toán học và đồ họa. Ở đây tính ổn định sẽ được diễn giải một cách thực tế, theo các yêu cầu vận hành của quy trình công nghệ.

- Năng suất và chất lượng sản phẩm

Trong lĩnh vực công nghệ hoá học và thực phẩm, chất lượng sản phẩm hầu hết được thể hiện trực tiếp qua thành phần hoá học, nồng độ, mật độ và một số tính chất hoá học hoặc vật lý khác. Trong khi đó, năng suất thường được thể hiện qua lưu lượng sản phẩm. Nhiệm vụ đảm bảo chất lượng sản phẩm và năng suất cũng thuộc về chức năng điều chỉnh.

Tính ổn định liên quan nhiều nhưng chưa quyết định tới chất lượng sản phẩm.

Để đảm bảo chất lượng sản phẩm: Giá trị đại lượng cần điều khiển càng gần với giá trị đặt càng tốt.

Chất lượng sản phẩm được đánh giá thông qua một số chỉ tiêu chất lượng

- + Đáp ứng với thay đổi giá trị đặt (đáp ứng quá độ)
- + Đáp ứng với tác động của nhiễu (đáp ứng loại nhiễu)

- Vận hành an toàn

Bất cứ một giải pháp điều khiển quá trình công nghiệp nào cũng phải đảm bảo vận hành hệ thống một cách an toàn và để bảo vệ con người, các thiết bị máy móc và môi trường xung quanh trong các trường hợp xảy ra sự cố. Chính vì tầm quan trọng của vấn đề an toàn cho máy móc, con người và môi trường, chi phí cho đảm bảo chức năng này đối với một số hệ thống có thể vượt xa chi phí cho thực hiện các chức năng điều khiển thuần túy.

* Lỗi thiết bị, đường truyền thì bằng sách lược điều chỉnh thông thường không đáp ứng được.

* Khóa liên động nhằm:

Tránh xảy ra các tình huống nguy hiểm (ví dụ động cơ chỉ được khởi động khi mức trong bình đạt một giá trị nào đó).

Giảm thiểu tác hại khi sự cố xảy ra (bằng các biện pháp ngắt từng phần hoặc dừng khẩn cấp)

- *Bảo vệ môi trường*

Một hệ thống vận hành an toàn, không để xảy ra sự cố cũng đã góp phần bảo vệ môi trường. Tuy nhiên vấn đề bảo vệ môi trường cần được chú trọng hơn thông qua giảm nồng độ khí thải độc hại, giảm lượng nước sử dụng và nước thải hạn, chế lượng bụi và khói. Dễ thấy mức độ ô nhiễm môi trường của một nhà máy một phần liên quan tới các thiết bị quá trình và công nghệ áp dụng, nhưng một phần không nhỏ thuộc trách nhiệm của hệ thống điều khiển. Việc giảm thiểu hoặc ít nhất là duy trì các đại lượng liên quan tới ô nhiễm môi trường ở mức cho phép phụ thuộc vào chức năng điều chỉnh và chức năng vận hành. Ví dụ để cải thiện CO₂ và bụi than trong khí thải của lò hơi đốt than, bài toán điều chỉnh đặt ra là duy trì tỷ lệ giữa lượng nhiên liệu và không khí ở một giá trị thích hợp tùy theo nồng độ oxy trong không khí và chất lượng than.

Việc giảm tiêu thụ nguyên liệu và nhiên liệu sử dụng một mặt nâng cao hiệu quả kinh tế, mặt khác cũng góp phần bảo vệ tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Đây cũng là một vấn đề thuộc trách nhiệm chung của những thiết kế công nghệ cùng những người thiết kế sách lược và thuật toán điều khiển cần lưu ý, những dây chuyền công nghệ mới cho phép vận hành với hiệu suất cao, tiêu hao ít nguyên liệu và nhiên liệu thông qua những chu trình kết hợp, chu trình khép kín và tái sử dụng năng lượng, nhưng lại thường là những quá trình rất khó điều khiển, điều kiện vận hành rất bị ràng buộc đặt ra yêu cầu ngày càng cao hơn cho các chức năng điều khiển quá trình.

Trong các dây chuyền công nghệ ngày nay được thiết kế với nhiều yêu cầu giảm ô nhiễm môi trường:

- Giảm nhiên liệu tiêu thụ

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu

<http://www.lrc-tnu.edu.vn/>

- Giảm sử dụng nước sạch

Các thiết kế "recycling" tạo tính phi tuyến cao và tương tác lớn trong hệ thống cần vai trò của các phương pháp điều khiển hiện đại.

Yêu cầu cao hơn trong các tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế về xử lý nước thải và khí thải.

- *Hiệu quả kinh tế*

Để đạt được hiệu quả kinh tế, hệ thống điều khiển quá trình không những phải đảm bảo chất lượng theo yêu cầu mà năng suất phải thích ứng được với yêu cầu thị trường cũng như tiêu hao nhiên liệu và nguyên liệu ít. Rõ ràng bài toán đặt ra là ta phải cân nhắc giữa chi phí cho các tác động điều khiển với chất lượng sản phẩm. Ví dụ, để cải thiện chất lượng điều khiển nhiều khi ta cần các thuật toán tác động nhanh. Tuy nhiên, tác động nhanh thường đồng nghĩa với việc tổn hao nhiều năng lượng cho các cơ cấu chấp hành, đồng thời tác động nhanh cũng thường dẫn đến giảm tuổi thọ cho các thiết bị. Cách giải quyết thông thường là đảm bảo chất lượng ở mức độ chấp nhận được, trong khi giảm thiểu chi phí cho các tác động điều khiển. Một cách giải quyết khác là xây dựng và giải quyết bài toán điều khiển tối ưu, trong đó chất lượng điều khiển và chi phí điều khiển được đặt chung với các trọng số khác nhau trong một hàm mục tiêu cần cực tiểu (*điều khiển tối ưu*).

Không phải bao giờ các mục đích điều khiển cũng có thể dễ dàng hoà đồng. Việc nâng cao hiệu quả kinh tế chưa chắc hoà đồng với mục đích bảo vệ môi trường bởi chi phí bổ xung cho các hệ thống lọc bụi, xử lý khí thải và nước thải. Việc nâng cao chất lượng sản phẩm chưa chắc đã đồng nghĩa với nâng cao hiệu quả kinh tế bởi yêu cầu chi phí vận hành lớn.

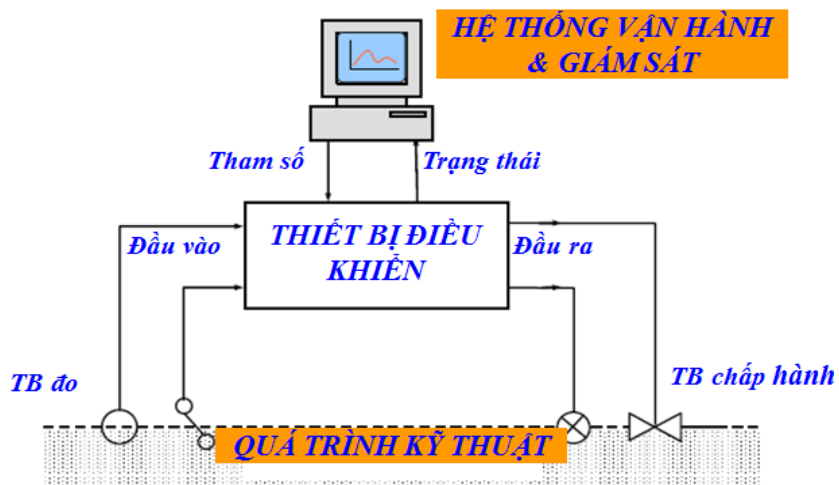
Nhưng nếu để nồng độ các chất độc hại trong không khí thải hoặc nước thải vượt quá một tiêu chuẩn cho phép thì có khả năng nhà máy sẽ bị đóng cửa, hoặc nếu chất lượng sản phẩm xuống thấp dưới một ngưỡng tiêu chuẩn nào đó thì khách hàng sẽ không chấp nhận và lợi nhuận sẽ bị giảm sút nặng nề. Thật ra mục đích cuối cùng của việc ứng dụng điều khiển tự động các quá trình công nghệ vẫn là nâng cao hiệu quả kinh tế về lâu dài. Thông thường hệ thống vận hành càng gần với các điều kiện ràng buộc thì chi phí vận hành càng nhỏ và hiệu quả dành được sẽ là cao nhất. Một trong những vai trò quan trọng của điều khiển là làm sao duy

trì được chất lượng sản phẩm thật ổn định và đạt vừa đủ yêu cầu để người vận hành có thể đưa các giá trị đặt đến gần sát với ngưỡng cho phép. Như vậy, cùng với việc lựa chọn điểm tối ưu thì chất lượng điều khiển tốt nhất (không đồng nghĩa với chất lượng sản phẩm tốt nhất) sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất.

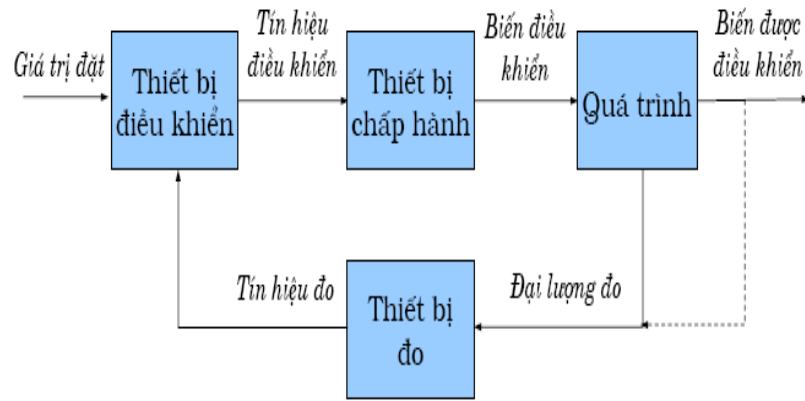
1.2. Các thành phần cơ bản của hệ thống ĐKQT

1.2.1. Cấu trúc cơ bản của một HT ĐKQT

Tuỳ theo quy mô ứng dụng và mức độ tự động hoá, các hệ thống điều khiển quá trình công nghiệp có thể đơn giản đến tương đối phức tạp, nhưng chúng đều dựa trên ba thành phần cơ bản là thiết bị đo, thiết bị chấp hành và thiết bị điều khiển. Chức năng của mỗi thành phần hệ thống và quan hệ của chúng được thể hiện một cách trực quan với sơ đồ trên hình 1.2. và trên hình 1.3 là cấu trúc điều khiển phản hồi của một vòng trong điều khiển quá trình. Theo hình 1.3 sẽ bao gồm các phần chính như sau:



Hình 1.2: Các thành phần cơ bản của một hệ thống điều khiển quá trình

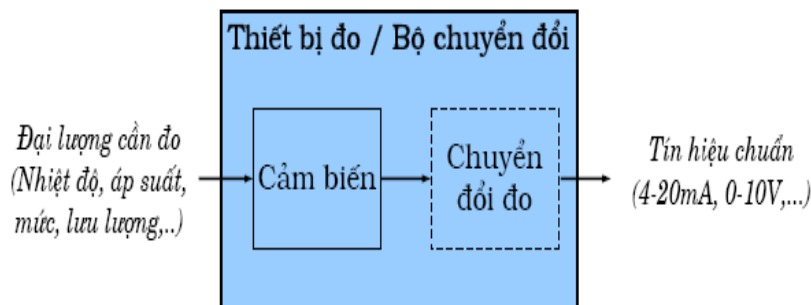


Hình 1.3: Sơ đồ khối một vòng của hệ thống điều khiển quá trình

1.2.2. Các thành phần cơ bản của hệ điều khiển quá trình

1.2.2.1. Thiết bị đo

Chức năng của thiết bị đo là cung cấp một tín hiệu ra tỷ lệ theo một nghĩa nào đó với đại lượng đo (hình 1.4). Một thiết bị đo gồm hai thành phần cơ bản là cảm biến (*sensor*) và chuyển đổi đo (*transducer*). Một cảm biến thực hiện chức năng tự động cảm nhận đại lượng quan tâm của quá trình kỹ thuật và biến đổi thành một tín hiệu. Để có thể truyền xa và sử dụng được trong thiết bị điều khiển hoặc dụng cụ chỉ báo, tín hiệu ra từ cảm biến cần được khuếch đại, điều hoà và chuyển đổi sang một dạng thích hợp. Một bộ chuyển đổi đo chuẩn (*transmitter*) là một bộ chuyển đổi đo mà cho đầu ra là một tín hiệu chuẩn (ví dụ $1-10V$, $0-20mA$, $4-20mA$, $RS-485$, *tín hiệu bus trường...*). Trong các hệ thống điều khiển quá trình truyền thống thì tín hiệu $4-20mA$ là thông dụng nhất, song xu hướng gần đây cho thấy việc ứng dụng công nghệ bus trường ngày càng chiếm ưu thế. Lưu ý rằng các thuật ngữ “*transmitter*” hoặc “*transducer*” đôi khi cũng được dùng để chỉ cả thiết bị đo, tức là trong đó đã bao gồm cả “*sensor*”.

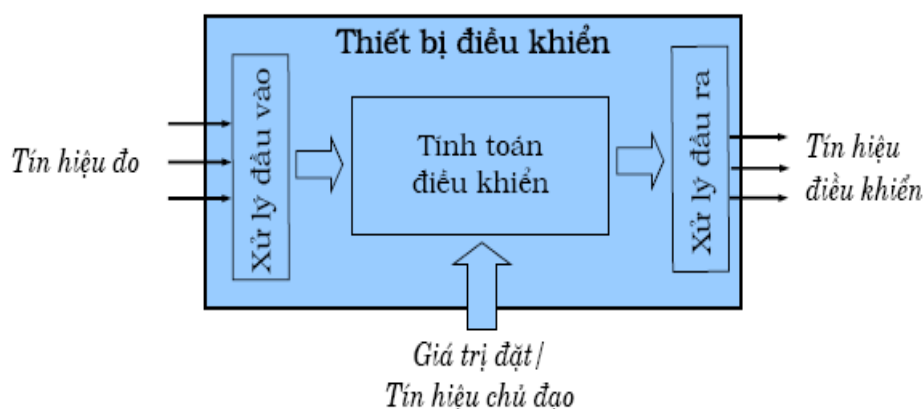


Hình 1.4: Cấu trúc cơ bản của một thiết bị đo quá trình

1.2.2.2. Thiết bị điều khiển

Thiết bị điều khiển (*control equipment, controller*) hay bộ điều khiển (*controller*) là một thiết bị tự động thực hiện chức năng điều khiển, là thành phần cốt lõi của một hệ thống điều khiển công nghiệp. Mặc dù các thuật ngữ “thiết bị điều khiển” và “bộ điều khiển” trong thực tế được sử dụng với nghĩa tương đồng, ở đây ta cũng cần làm rõ sự khác biệt nhỏ. Tùy theo nghĩa cảnh, một bộ điều khiển có thể được hiểu là một thiết bị điều khiển đơn lẻ (ví dụ bộ điều khiển nhiệt độ), một khối phần mềm cài đặt trong thiết bị điều khiển chia sẻ (ví dụ khối *PID* trong một trạm *PLC/DCS*) hoặc cả một thiết bị điều khiển chia sẻ (ví dụ một trạm *PLC/DCS*). Trong phạm vi chương trình, khi nói về giải pháp hệ thống thì “thiết bị điều khiển” và “bộ điều khiển” được hiểu với nghĩa tương đương, còn khi đề cập tới các vấn đề thuộc sách lược điều khiển hay thuật toán điều khiển ta sẽ chỉ sử dụng “bộ điều khiển”.

Trên cơ sở sử dụng các tín hiệu đo và một cấu trúc điều khiển/sách lược điều khiển được lựa chọn, bộ điều khiển thực hiện thuật toán điều khiển và đưa ra các tín hiệu điều khiển để can thiệp trở lại quá trình kỹ thuật thông qua các thiết bị chấp hành. Tùy theo dạng tín hiệu vào ra và phương pháp thể hiện luật điều khiển, một thiết bị điều khiển có thể được xếp loại là thiết bị điều khiển tương tự (*analog controller*), thiết bị điều khiển logic (*logic controller*), hoặc thiết bị điều khiển số (*digital controller*).



Hình 1.5: Cấu trúc cơ bản của một thiết bị điều khiển

Các thiết bị điều chỉnh cơ, khí nén hoặc điện tử được xếp vào loại tương tự. Một mạch logic rơle (*cơ-điện, điện tử*) là một thiết bị điều khiển logic theo đúng
Số hóa bởi Trung tâm Học liệu <http://www.lrc-tnu.edu.vn/>