

TS BÙI QUÝ LỰC

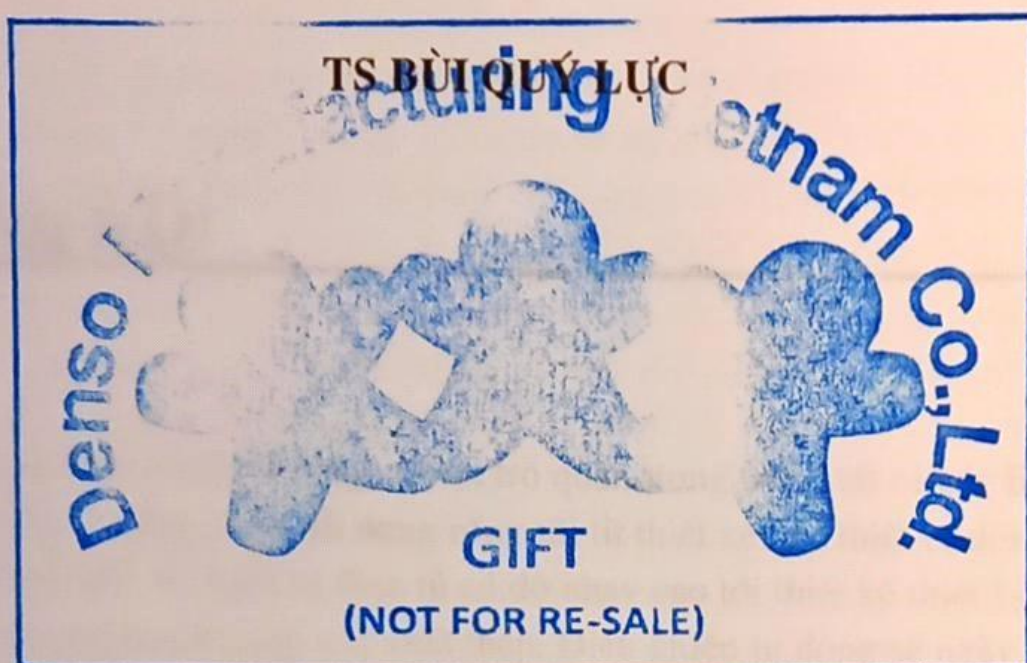


KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

TẬP 1

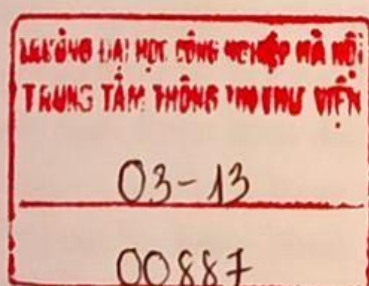


NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Tập 1



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2011

LỜI NÓI ĐẦU

Hệ thống điều khiển tự động có vai trò quan trọng trong tất cả các lĩnh vực kỹ thuật. Hệ thống tự động được sử dụng rộng rãi từ thiết kế các thiết bị đòi hỏi có độ chính xác cũng như các thiết bị điện tử có độ nhạy cao tới thiết kế thiết bị nặng như các thiết bị trong công nghiệp sản xuất thép. Điều khiển tự động sẽ ngày càng phát triển bởi vì tất cả các thành tựu mới trong khoa học đều được đưa vào ứng dụng thiết bị điều khiển tự động.

Cuốn sách kỹ thuật điều khiển được viết trên cơ sở bài giảng và những trải nghiệm giảng dạy và thực tế nhờ đó giúp tác giả có cái nhìn bao quát về môn học cũng như phương pháp trình bày nhằm cung cấp cho người đọc đầy đủ nội dung môn học, rõ ràng và dễ hiểu. Với mục đích giúp cho các bạn đọc là người mới tiếp cận với lĩnh vực kỹ thuật điều khiển tự động cũng dễ hiểu và có thể thực hành được.

Nghiên cứu hệ điều khiển bắt đầu từ phân tích hiện tượng vật lý, từ đó xây dựng mô hình biểu diễn hiện tượng vật lý bằng các phần tử và tìm ra các phương trình đặc trưng cho mỗi phần tử. Thực tế, các phần tử thực đều có phương trình đặc trưng là hàm phi tuyến. Bởi vậy, cần phải tuyến tính hóa để các phần tử trở thành các phần tử lý tưởng. Sau đó, biểu diễn hệ bởi mô hình toán học. Giải phương trình biểu diễn hệ cho phép chúng ta hiểu được hoạt động của hệ và thiết kế, điều chỉnh để đạt được hoạt động của hệ theo yêu cầu. Chúng ta cũng có thể biểu diễn hệ bằng sơ đồ khối. Các khối liên kết thành hệ hoàn chỉnh và sơ đồ khối là cách biểu diễn hiệu quả hoạt động của hệ. Chương 2 và chương 3 của cuốn sách chủ yếu phân tích các hiện tượng xảy ra ở hệ cơ, điện, thủy lực, khí nén và nhiệt. Xây dựng các mô hình dùng để xác định đặc trưng của các phần tử và xác định hàm đặc trưng cho từng phần tử. Chương 4 phân tích một số cấu trúc tích hợp từ các phần tử của các lĩnh vực khác nhau có đặc trưng biến đổi năng lượng, biến đổi chuyển động, truyền năng lượng và các đặc trưng khác. Chương 5 giới thiệu phương pháp biểu diễn hệ bằng các phần tử lý tưởng hoặc bằng sơ đồ khối và chỉ ra ích lợi của biểu diễn hệ trong phân tích và thiết kế hệ. Chương 6 trình bày mô hình toán học. Hoạt động của hệ được biểu diễn bởi các phương trình vi phân. Để hiểu được hoạt động của hệ

chúng ta cần giải phương trình vi phân. Ở chương này nhắc lại phương pháp biến đổi Laplace và một số phương pháp biến đổi ngược Laplace được dùng phổ biến trong phân tích, thiết kế. Nhằm giúp cho sinh viên nắm các phương pháp này phục vụ cho giai đoạn phân tích và thiết kế. Đồng thời đi sâu vào phân tích các đại lượng đặc trưng hoạt động quá độ của hệ bậc nhất, bậc hai và các hệ thường gặp trong kỹ thuật. Chương 7 trình bày chủ yếu trình mô hình không gian trạng thái. Lý thuyết cơ bản dùng trong thiết kế hệ điều khiển hiện đại. Các phương pháp chuyển phương trình vi phân tín hiệu vào-ra sang không gian trạng thái, phương pháp giải phương trình vi phân trạng thái, chuyển phương trình trạng thái sang hàm truyền và graph dòng biến không gian trạng thái cũng được trình bày ở chương này. Đánh giá ổn định của hệ là nhiệm vụ quan trọng của phân tích, thiết kế hệ điều khiển, nội dung này được trình bày ở chương 8. Ở đây chỉ ra phương pháp đánh giá ổn định của hệ theo tiêu chuẩn Routh, Nyquist, đồ thị Bode, đồ thị Nichols, quỹ đạo nghiệm và tiêu chuẩn Lyapunov dùng cho cả hệ tuyến tính và phi tuyến. Chương 9 trình bày phương pháp phác họa quỹ đạo nghiệm và đánh giá ổn định của hệ thông qua quỹ đạo nghiệm. Chương 10 chủ yếu trình bày các phương pháp thiết kế hệ điều khiển phản hồi, phương pháp bù tích cực và thụ động. Điều khiển số và vi điều khiển ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong điều khiển. Lĩnh vực này được trình bày chủ yếu ở chương 11.

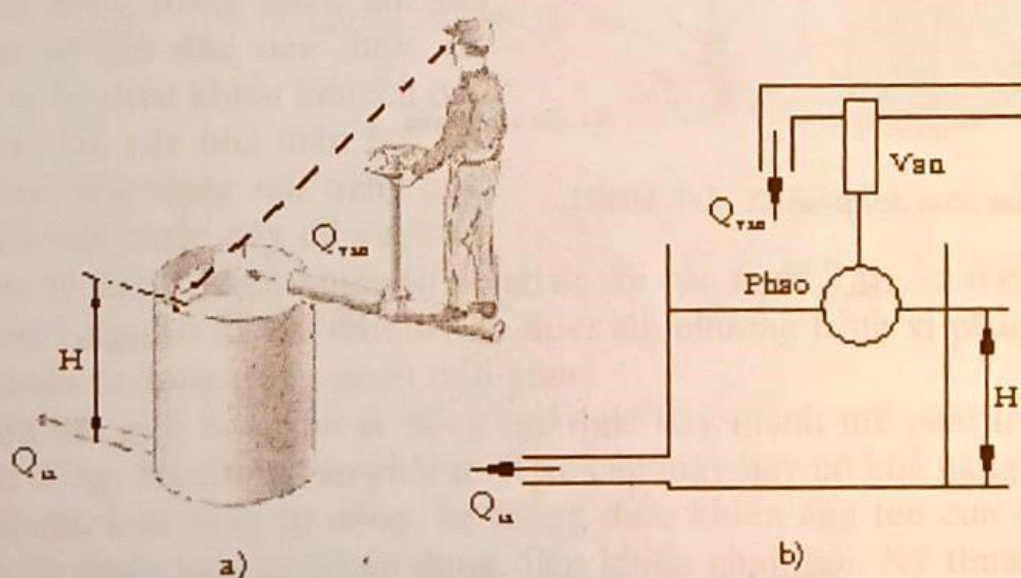
Tác giả mong rằng cuốn sách ra đời đáp ứng được nhu cầu kiến thức về kỹ thuật điều khiển của sinh viên các trường cao đẳng, đại học và các bạn đọc ham mê lĩnh vực điều khiển tự động. Mong rằng cuốn sách là tài liệu hữu ích đối với người nghiên cứu và giảng dạy trong lĩnh vực này.

Tác giả xin bày tỏ cảm ơn chân thành tới Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật đã tạo điều kiện để cuốn sách nhanh chóng đến với bạn đọc và các đồng nghiệp đã tham gia đóng góp nhiều ý kiến quý báu. Do thời gian và khả năng có hạn chắc rằng cuốn sách không tránh khỏi sai sót. Tác giả rất cảm kích cảm ơn các bạn đọc đến với cuốn sách và rất mong nhận được ý kiến đóng góp quý báu giúp cho chất lượng cuốn sách được hoàn thiện hơn sau mỗi lần tái bản. Những ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Máy và Ma Sát, Viện Cơ Khí Trường đại học Bách Khoa Hà Nội, số 1 Đại Cồ Việt hoặc Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 70 Trần Hưng Đạo Hà Nội.

GIỚI THIỆU VỀ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

1.1 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Trước khi đi vào nghiên cứu kỹ thuật điều khiển tự động người ta thường đặt vấn đề điều khiển tự động là gì? Dưới đây mô tả hình ảnh đơn giản nhưng thể hiện đầy đủ về khái niệm điều khiển tự động: đó là hệ thống đảm bảo áp suất và lưu lượng Q_{ra} trên đường ra của thùng chứa chất lỏng luôn là ổn định. Để đạt được mục đích này cần giữ chất lỏng ở trong thùng luôn có độ cao H . Điều đó có thể thực hiện được nhờ người công nhân quan sát mức chất lỏng và điều khiển van bằng tay, hệ thống đó được gọi là **hệ thống điều khiển bằng tay** như chỉ ra trên hình 1-1a. Trên hình 1-1b cũng với hệ thống trên nhưng được điều khiển tự động. Độ cao H trong thùng được đo bằng phao, khi độ cao mức nước trong thùng thấp hơn H , trọng lượng phao kéo phao đi xuống, qua hệ thống trung gian làm mở van, chất lỏng chảy vào thùng và đưa phao đi lên cho đến khi mức nước trở lại chiều cao H yêu cầu, thông qua hệ thống trung gian van đóng lại. Hệ thống điều khiển mức chất lỏng chỉ ra trên hình 1-1b được gọi là **hệ thống điều khiển tự động**.



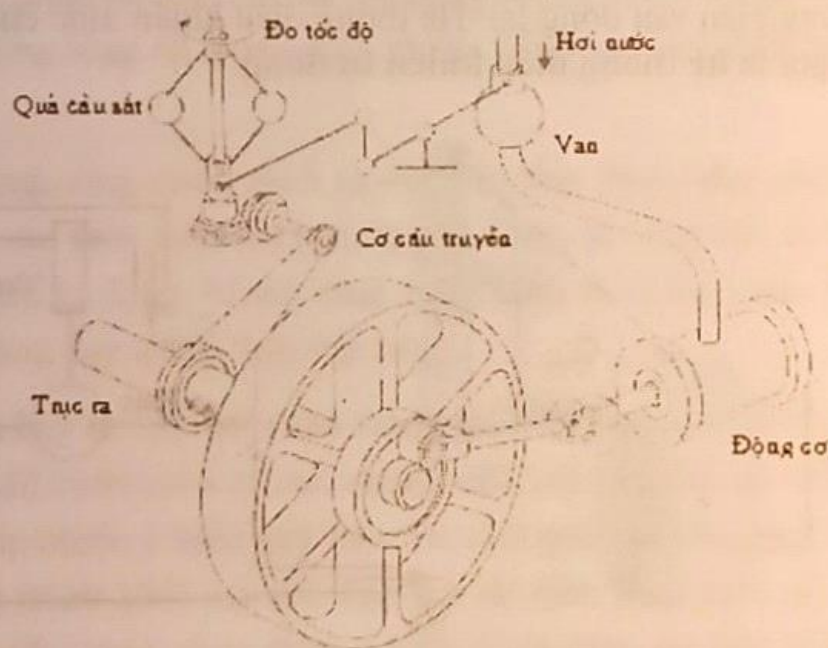
HÌNH 1-1a Hệ điều khiển áp suất

- a) Điều khiển bằng tay
- b) Điều khiển tự động

Điều khiển tự động đã xuất hiện từ lâu, nhưng cho đến khoảng 300 năm trước công nguyên, Ktesibios người Hy Lạp trình bày cơ cấu điều chỉnh đồng hồ nước bằng phao được xem là mốc khởi đầu của lĩnh vực kỹ thuật điều khiển tự động. Trong giai đoạn này vào năm 250 năm trước công nguyên người ta ứng dụng hệ

thống phao để điều khiển giữ mức dầu không đổi trong đèn. Cuốn sách đầu tiên viết về lĩnh vực điều khiển tự động được Heron trình bày vào năm đầu tiên sau công nguyên với tên cuốn sách là “Khí lực học” (Pneumatica). Những năm tiếp theo, nhiều nhà khoa học đã đi vào nghiên cứu, thiết kế hệ điều khiển tự động như Cornelis Drebbel (1572 – 1633). Ông là người Hà Lan cũng là người Tây Âu đầu tiên phát minh ra hệ thống điều khiển phản hồi điều khiển tự động nhiệt độ. Năm 1681 Dennis Papin là người đã phát minh ra thiết bị điều chỉnh tự động áp suất nổi hơi và nguyên tắc điều chỉnh áp suất của Dennis Papin được áp dụng để thiết kế và chế tạo van an toàn cho các bếp ga mà hiện nay chúng ta đang sử dụng.

Điều khiển tự động được ứng dụng vào sản xuất công nghiệp đầu tiên phải kể đến hệ thống điều khiển tốc độ động cơ hơi nước của James Watt năm 1769. Cơ cấu điều chỉnh tốc độ động cơ hơi nước của James Watt được biểu diễn ở hình 1-2. Nguyên tắc làm việc của hệ thống điều khiển tốc độ bằng cơ khí được giải thích như sau: chuyển động quay trục ra được truyền qua trục trung tâm tới hệ thống quả văng nhờ bộ truyền bánh răng côn. Trục trung tâm liên kết với hai quả văng làm bằng thép nhờ các thanh liên kết. Đồng thời hai quả văng liên kết với bạc trượt (bạc trượt trung tâm), bạc này có khả năng trượt dọc trục trung tâm như chỉ ra trên hình 1-2. Bạc trượt trung tâm liên kết với cơ cấu đóng mở van điều khiển lưu lượng hơi nước cấp cho động cơ. Khi tốc độ động cơ tăng, tốc độ quay của trục ra cũng tăng, lực ly tâm tăng làm bạc trượt trung tâm di lên, thông qua hệ thống thanh liên kết đóng bớt cửa van cấp hơi nước cho động cơ, tốc độ động cơ giảm xuống.



HÌNH 1-2 Hệ thống điều chỉnh bằng quả cầu của Watt

Tiếp theo, năm 1765 Polzunov trình bày hệ thống điều chỉnh mức nước bằng phao chỉ ra trên hình 1-3. Điều đó khẳng định thêm xu hướng phát triển ngày càng mạnh mẽ của điều khiển tự động phản hồi.

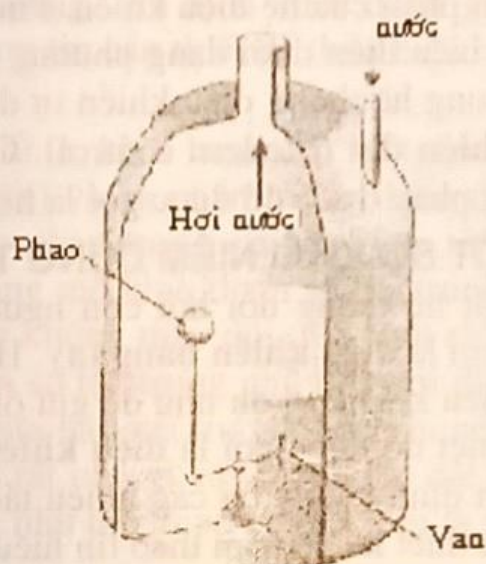
Giai đoạn trước năm 1868 được xem là giai đoạn phát triển hệ thống điều khiển thông qua quan sát bằng trực giác và sáng tạo. Trong giai đoạn này người ta tìm cách nâng cao độ chính xác của hệ điều khiển bằng cách làm giảm dao động để hệ thống dần dần đến trạng thái ổn định.

Sau năm 1868 là giai đoạn phát triển lý thuyết điều khiển tự động. J.C Maxwell (1868) là người đầu tiên đưa lý thuyết toán học vào lý thuyết điều khiển tự động. Hệ điều khiển được mô tả bằng hệ phương trình vi phân và nhờ đó xác định được hiệu quả của các tham số tới hiệu suất của hệ thống. Cũng trong giai đoạn này, Vyshnegradskii đã xây dựng lý thuyết toán học cho hệ điều khiển phản hồi và Adams và E.J. Routh (1877) là người đưa ra tiêu chuẩn ổn định cho hệ thống điều khiển tự động. Thời gian ngắn sau đó nhà toán học Nga A.M Lyapunov (1893) trình bày nghiên cứu của mình về ổn định chuyển động hệ cơ học. Nghiên cứu của A.M Lyapunov trên cơ sở chuyển các phương trình vi phân phi tuyến của chuyển động sang mô tả bằng phương trình vi phân tuyến tính tương đương, kết quả tính toán chuyển động của A.M Lyapunov tương đương với kết quả tính toán theo phương pháp của Adams và E.J. Routh. Chính nghiên cứu này, A.M Lyapunov đã đề xuất ra khái niệm về biến trạng thái trong lý thuyết điều khiển tự động hiện đại.

Trước giai đoạn đại chiến thế giới lần thứ hai, Mỹ và ở Tây Âu phát triển mạnh mẽ lý thuyết điều khiển và ứng dụng điều khiển tự động vào hệ thống điện thoại và mạch khuếch đại phản hồi. Trong khi đó Nga và các nước Đông Âu tập trung vào nghiên cứu lĩnh vực khác. Phòng thí nghiệm ở Bell Telephone Laboratori Bode, Nyquit và Black là những người đầu tiên phát triển kỹ thuật điều khiển tự động trong miền tần số. Kỹ thuật tần số lần đầu tiên được sử dụng để mô tả hệ điều khiển khuếch đại phản hồi. Trái lại, các nhà toán học và các nhà cơ học ứng dụng nổi tiếng của Liên bang Xô viết trước đây đã vượt xa trong lĩnh vực lý thuyết điều khiển tự động so với các nước Tây Âu ở chỗ lý thuyết điều khiển của Liên Xô đã bắt đầu đi vào thiết lập phương trình vi phân cho các hệ thống điều khiển tự động trong miền thời gian.

Đại chiến thế giới bùng nổ là động lực thúc đẩy mạnh mẽ phát triển lĩnh vực điều khiển tự động. Người ta cần phải thiết kế các máy bay có khả năng lái tự động, hoặc thiết kế các loại súng tự động, hệ thống điều khiển ăng ten của radar và các thiết bị quân sự khác trên cơ sở áp dụng điều khiển phản hồi. Kỹ thuật tần số tiếp tục được phát triển và phát triển mạnh mẽ nhất là khi sử dụng có hiệu quả dạng chuyển đổi Laplace và mặt phẳng phức trong thiết kế. Đồng thời trong thời gian này Wiener và Phillips đã bắt đầu nghiên cứu điều khiển tối ưu và mở rộng ra nghiên cứu quỹ đạo tối ưu cho hệ phi tuyến trên cơ sở sử dụng phép toán vi, tích phân để giải quyết những bài toán về hệ số biến.

W.R Evans là người làm việc trong lĩnh vực dẫn đường và điều khiển các thiết bị vận tải hàng không đã gặp nhiều vấn đề phức tạp, nhất là ổn định và mất ổn định động lực của thiết bị. W.R Evans đã sử dụng phương pháp tần số để giải quyết vấn



HÌNH 1-3 Điều chỉnh mức nước bằng phao

đề này nhưng gặp nhiều khó khăn vì vậy ông đã đề xuất cân quay về nghiên cứu các phương trình đặc trưng mà J.C Maxwell đưa ra cách đây 70 năm và sau này W.R Evans đã phát triển thành phương pháp quỹ đạo nghiệm.

Năm 1950 một số nhà khoa học như R.Bellman, R. E Kalman người Mỹ và L. S. Pontryagin người Nga bắt đầu xem xét lại các phương trình vi phân thường (ordinary differential equation – ODE) và xem nó là mô hình hệ điều khiển đồng thời xét các vấn đề nảy sinh khi đi vào nghiên cứu lĩnh vực điều khiển mới, ví dụ điều khiển vệ tinh bay quanh trái đất. Các nhà khoa học Liên Xô đã sử dụng phương trình vi phân thường để biểu diễn mô hình điều khiển và sử dụng máy tính số để tính toán điều khiển. Nhiều hội nghị khoa học về điều khiển tự động đã được tổ chức tại Liên Xô vào những năm 1960. Tại đây người ta không còn thảo luận về việc sử dụng đáp ứng tần số hoặc phương trình đặc trưng vào tính toán thiết kế hệ điều khiển mà người ta đi vào thảo luận cách sử dụng trực tiếp dạng phương trình vi phân thường hoặc dạng phương trình vi phân trạng thái và sử dụng máy tính số như là thành phần của hệ điều khiển. Phương pháp sử dụng phương trình vi phân thường (ODE) biểu diễn dưới dạng phương trình vi phân trạng thái và máy tính số là thành phần trong hệ thống điều khiển tự động, hệ điều khiển như thế được gọi là **hệ điều khiển hiện đại** (Modern control). Các hệ thống điều khiển được thiết kế theo các phương pháp trước đó được gọi là **hệ điều khiển cổ điển**.

1.2 MỘT SỐ KHÁI NIỆM DÙNG TRONG KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Một hệ thống đòi hỏi con người điều khiển, ví dụ như ô tô được người điều khiển gọi là **điều khiển bằng tay**. Hệ mà không đòi hỏi con người tham gia vào quá trình điều khiển, ví dụ như để giữ ổn định nhiệt trong phòng chúng ta sử dụng máy điều nhiệt độ được gọi là **điều khiển tự động**. Hệ được thiết kế giữ cho tín hiệu ra luôn ổn định chống lại các nhiễu tác động vào hệ được gọi là **hệ điều chỉnh**. Thiết bị được thiết kế để bám theo tín hiệu chuẩn được gọi là **hệ Tracking** hay **hệ Servo**.

Hệ điều khiển được phân loại theo dạng thông tin dùng để tính toán hoạt động điều khiển. Nếu hệ điều khiển không dùng thiết bị đo tín hiệu ra của hệ để tính toán hoạt động điều khiển được gọi là **hệ điều khiển hở**. Nếu hệ điều khiển dùng thiết bị đo tín hiệu ra và dùng tín hiệu này vào tính toán điều khiển, hệ đó được gọi là **điều khiển kín** hay gọi là **điều khiển phản hồi**.

Khái niệm **hệ thống** được dùng khá phổ biến hiện nay. Nó không chỉ dùng cho kỹ thuật mà còn dùng trong kinh tế, xã hội và ngay cả chính trị. **Hệ thống** được định nghĩa như là tích hợp của nhiều thành phần tác động khác nhau hình thành đối tượng nào đó. **Hệ thống điều khiển** là sự liên kết giữa nhiều thành phần hình thành nên cấu trúc hệ thống để đưa ra đáp ứng hệ thống yêu cầu. Cơ sở để phân tích hệ thống là lý thuyết hệ tuyến tính mà nó đã chấp nhận mối liên hệ nguyên-quả đối với mọi thành phần trong hệ. Trong kỹ thuật điều khiển chúng ta còn gặp khái niệm **hệ động lực**, vậy hệ động lực là hệ như thế nào? Người ta cho rằng tất cả các hệ tồn tại theo thời gian và có tốc độ thay đổi đáng kể của hệ được coi như là **hệ động lực**, ví dụ ô tô đang chuyển động trên đường có thể xem như là hệ động lực.

CHƯƠNG

2

CÁC PHẦN TỬ HỆ CƠ HỌC

Mô hình là công cụ mạnh dùng trong thiết kế hoặc thực hiện các giải thuật điều khiển và gợi ý cho người thiết kế lựa chọn mô hình khá đặc trưng, gần giống với điều kiện làm việc thực tế. Mô hình được xem là một công cụ, thì đây là công cụ đặc biệt dùng để phát triển khoa học ứng dụng riêng cho từng lĩnh vực. Trong thực tế, có thể có nhiều mô hình cùng mô tả một hệ thống, ví dụ mô hình toán học sử dụng phương trình để mô tả hệ thống, vì vậy người ta có thể dùng nhiều dạng khác nhau của phương trình để mô tả cùng một hệ thống. Mô hình được đánh giá là tốt khi nó đơn giản nhưng chứa đựng được các thông tin cần thiết để thực hiện các hoạt động kỹ thuật.

Phân tích cơ học cho thấy hệ gồm ba phần tử là: khối lượng, lò xo (phần tử đàn hồi), giảm chấn (sức cản cơ học hoặc giảm chấn) và ba phần tử này biểu diễn các hiện tượng vật lý xảy ra theo nhiều cách khác nhau trong cơ hệ. Phần tử cơ học trong thực tế được lý tưởng hóa và biểu diễn bằng mô hình tham số tập trung, ví dụ lò xo trong thực tế nó có khối lượng và độ cứng không thay đổi trên suốt chiều dài. Chúng ta có thể mô hình nó bằng mô hình tham số tập trung phù hợp với điều kiện giới hạn tối thiểu hoạt động của phần tử. Chúng ta hãy xét trường hợp khi nén lò xo thực với tốc độ chậm, gia tốc của khối lượng là rất nhỏ vì vậy tất cả lực đặt ở điểm đầu truyền toàn bộ đến điểm cuối, với điều kiện như thế lò xo có thể xem là phần tử lò xo lý tưởng.

Xét về mặt năng lượng các phần tử cơ học có thể chia thành hai dạng: dạng thứ nhất là phần tử tích lũy năng lượng và dạng thứ hai là phần tử tiêu tán năng lượng. Lò xo và khối lượng là hai phần tử tích lũy năng lượng và giảm chấn là phần tử tiêu tán năng lượng.

2.1 PHẦN TỬ CƠ HỌC CHUYỂN ĐỘNG TỊNH TIẾN

Chuyển động của các phần tử riêng biệt trong cơ hệ liên hệ với lực đặt lên phần tử đó hay nói một cách khác chuyển động là kết quả tác động lực lên phần tử. Chuyển động được định nghĩa là chuyển dời với vận tốc và gia tốc của một điểm so với điểm khác. Chuyển động tuyệt đối của một điểm có thể được định nghĩa như là chuyển động của một điểm liên hệ với một điểm cố định khác trong không gian (với trái đất).

2.1.1 KHỐI LƯỢNG CHUYỂN ĐỘNG TỊNH TIẾN

Phân tích cơ hệ là xét cơ hệ trên cơ sở các định luật chuyển động của Niu tơn và nguyên tắc tác dụng tương hỗ. Các phần tử của cơ hệ là thành phần vật chất vì vậy nó có khối lượng và không đồng nhất. Nếu xem khối lượng là vật rắn đồng nhất và bỏ qua hiệu ứng ma sát, biến dạng và chuyển động trong môi trường không có gia

tốc, khối lượng được coi là **khối lượng lý tưởng**. Khối lượng lý tưởng phù hợp với các định luật Niu tơn. Bây giờ, chúng ta khảo sát khối lượng m có đơn vị đo bằng kg ($\text{kg}=\text{N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$) chuyển động theo phương x do tính bằng mét như chỉ ra trên hình 2-1, vận tốc chuyển động của tâm khối lượng là v và cách điểm cố định là x . Phương trình cơ bản của phần tử khối lượng viết theo định luật Niu tơn là:

$$f(t) = m \frac{dv}{dt} \quad (2.1a)$$

Bởi vì, vận tốc $v = dx/dt$ là biến của khoảng cách x , quan hệ giữa lực và khoảng cách được viết:

$$f(t) = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (2.1b)$$

Phương trình (2.1) chỉ biểu diễn quá trình động học chuyển động của khối lượng mà không đặc trưng quá trình động lực của nó. Bởi vậy, để biểu diễn đặc trưng động lực học của khối lượng chuyển động người ta dùng động lượng. Động lượng của khối lượng là tích của khối lượng và vận tốc $p = mv$. Thực tế, vật chất tích hợp từ nhiều phần tử cơ học có khối lượng khác nhau do đó vận tốc của các phần tử sẽ khác nhau. Bởi vậy, quan hệ động lượng và vận tốc của khối lượng thực là hàm đơn điệu và đơn trị:

$$p = f(v) \quad (2.2)$$

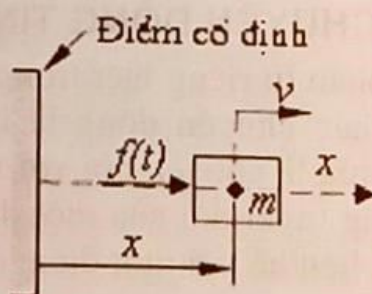
Và quan hệ giữa động lượng và lực có thể viết:

$$f(t) = \frac{dp}{dt} = \dot{p} \quad (2.3)$$

Động lượng của khối lượng từ thời điểm bắt đầu $t=0$ đến thời điểm t được xác định là:

$$p = \int_0^t f(t) dt + p_0 \quad (2.4)$$

trong đó p_0 là động lượng tại thời điểm t_0 .



HÌNH 2-1 Sơ đồ đơn giản xác định vận tốc và gia tốc của khối lượng

Với vận tốc chuyển động của khối lượng lớn hơn rất nhiều so với vận tốc ánh sáng, quan hệ giữa động lượng và vận tốc (2.4) là quan hệ phi tuyến được biểu diễn bằng đường cong (1) chỉ ra trên hình 2-2. Theo định luật thứ nhất nhiệt động học,

quan hệ giữa động lượng với vận tốc là quan hệ tuyến tính. Quan hệ này chỉ phù hợp với trường hợp vận tốc chuyển động của khối lượng nhỏ hơn rất nhiều so với vận tốc ánh sáng, nhớ rằng quan hệ vận tốc ánh sáng với động lượng là:

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Từ đó cho thấy động lượng là hàm của vận tốc tuyệt đối v và động lượng của khối lượng lý tưởng được viết:

$$p = mv \quad (2.5)$$

Trong thực tế, lực tác dụng vào khối lượng có thể gồm nhiều lực bởi vậy quan hệ (2-1b) viết dưới dưới dạng tổng quát là:

$$m \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) = \sum_{i=1}^n f_i(t) \quad (2.6)$$

trong đó $f_i(t)$ lực thứ i tác dụng lên khối lượng theo phương x . Xét về mặt năng lượng, năng lượng của hệ cơ học được biểu diễn qua năng lượng thực hiện chuyển động tịnh tiến theo hướng xác định. Dòng năng lượng của hệ được xác định bằng tích của lực tính bằng N và vận tốc tính bằng m/s. Theo định luật nhiệt động học thứ nhất, ta có:

$$\frac{dE}{dt} = fv$$

Tích phân theo thời gian, nhận được:

$$\int_{E(0)}^{E(t)} dE = \int_0^t f(t)v(t)dt = \int_0^t mv \left(\frac{dv}{dt} \right) dt = m \int_{v(0)}^{v(t)} v(t)dv \quad (2.7a)$$

hoặc

$$E = E(0) + \frac{m}{2} v^2(t) \quad (2.7b)$$

ở đây E_0 là năng lượng tích lũy ban đầu của phần tử khối lượng. Chúng ta có thể tính được năng lượng tích lũy của khối lượng thực ở thời điểm vận tốc của nó là v :

$$E = \int_0^p v dp \quad (2.7c)$$

Từ (2.7a) chúng ta tính được năng lượng tích lũy trong phần tử khối lượng lý tưởng bằng cách thay $v = p/m$, ta có:

$$E = \int_0^p v dp = \int_0^p \frac{p}{m} dp = E(0) + \frac{m}{2} v^2(t) \quad (2.7d)$$

Từ công thức (2.7b) cho thấy, năng lượng là đại lượng luôn dương, nó phụ thuộc vào bình phương vận tốc và phần tử khối lượng là phần tử tích lũy năng lượng.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Chương 1: GIỚI THIỆU VỀ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG	
1.1. Lịch sử phát triển điều khiển tự động	5
1.2. Một số khái niệm dùng trong kỹ thuật điều khiển tự động	8
Chương 2: CÁC PHẦN TỬ HỆ CƠ HỌC	
2.1. Phần tử cơ học chuyển động tịnh tiến.....	9
2.1.1 Khối lượng chuyển động tịnh tiến	9
2.1.2 Lò xo tịnh tiến	13
2.1.3 Giảm chấn tịnh tiến	17
2.2. Phần tử cơ học quay	20
2.2.1 Lò xo quay	20
2.2.2 Khối lượng quay	22
2.2.3 Giảm chấn quay	25
2.3. Bậc tự do	27
2.4. Ký hiệu toán tử vi phân.....	28
2.5. Tích hợp các phần tử cơ học chuyển động tịnh tiến.....	29
2.5.1 Liên kết nối tiếp.....	29
2.5.2 Liên kết song song.....	33
Bài tập.....	34
Chương 3: CÁC PHẦN TỬ ĐIỆN -CHẤT LỎNG-NHIỆT	
3.1. Phần tử điện.....	39
3.1.1 Tự điện.....	39
3.1.2 Điện cảm	41
3.1.3 Điện trở.....	43
3.1.4 Tích hợp các phần tử điện.....	45
3.1.5 Tính tương đương giữa phần tử cơ và điện.....	48
3.2. Phần tử chất lỏng	51
3.2.1 Tự chất lỏng.....	53
3.2.2 Quán tính chất lỏng	57

3.2.3 Trở chất lỏng	59
3.3. Phần tử nhiệt	61
3.3.1. Tích nhiệt	62
3.3.2. Trở nhiệt	63
3.3.3 Truyền dẫn nhiệt.....	64
Bài tập.....	66

Chương 4: BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG-BIẾN ĐỔI CHUYỂN ĐỘNG- TRUYỀN NĂNG LƯỢNG VÀ BIẾN ĐỔI KHÁC

4.1. Biến đổi năng lượng	73
4.1.1 Biến đổi điện năng sang cơ năng.....	73
4.1.2 Biến đổi năng lượng cơ học sang điện năng	84
4.1.3 Biến đổi năng lượng thủy lực sang năng lượng cơ học.....	86
4.2 Biến đổi chuyển động.....	87
4.2.1 Bộ truyền bánh răng-thanh răng.....	87
4.2.2 Bộ truyền vít me-đai ốc	89
4.3. Truyền năng lượng	90
4.3.1. Truyền năng lượng điện	90
4.3.2. Truyền năng lượng cơ học	92
4.4. Dạng biến đổi khác	98
4.4.1 Biến trở.....	98
4.4.2 Biến áp vi phân tuyến tính.....	100
4.4.3 Thiết bị đo áp suất.....	101
4.4.4 Cơ cấu sensyn.....	101
Bài tập.....	102

Chương 5: BIỂU DIỄN HỆ VÀ TUYẾN TÍNH HÓA HÀM PHI TUYẾN

5.1. Biểu diễn hệ bằng phân tử lý tưởng.....	107
5.1.1 Các bước biểu diễn	107
5.1.2 Ví dụ minh họa	108
5.2. Biểu diễn bằng sơ đồ khối.....	116
5.2.1 Khái niệm	116
5.2.2 Ví dụ minh họa.....	116
5.3. Lợi ích của biểu diễn hệ.....	126
5.4. Tuyến tính hóa hàm phi tuyến	127
5.5. Hệ số	136

5.6. Hệ số thời gian	137
Bài tập	138

Chương 6: MÔ HÌNH TOÁN HỌC

6.1. Tín hiệu vào-ra	145
6.2. Phương pháp biến đổi Laplace	153
6.2.1 Định nghĩa biến đổi Laplace	153
6.2.2 Biến đổi hàm biến thời gian sang hàm biến s.....	154
6.2.3 Biến đổi ngược Laplace.....	166
6.3. Hàm đoạn liên tục.....	181
6.4. Hàm truyền	183
6.5. Ứng dụng của biến đổi Laplace.....	186
6.6. Sơ đồ khối	191
6.6.1 Các quy ước dùng trong sơ đồ khối	191
6.6.2 Sơ đồ khối tương đương	192
6.7. Graph dòng tín hiệu	205
6.8. Mối qua hệ giữa đáp ứng với cực và không.....	215
6.8.1. Hệ bậc nhất	216
6.8.2. Hệ bậc hai	221
6.8.3. Hệ bậc hai tắt dần	232
Bài tập.....	242

Chương 7: BIỂU DIỄN HỆ BẰNG PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN TRẠNG THÁI

7.1. Biến trạng thái	248
7.2. Phương trình trạng thái	251
7.3. Phương pháp chuyển phương trình vi phân sang phương trình trạng thái	252
7.4. Giải phương trình trạng thái.....	277
7.5. Chuyển biểu diễn không gian trạng thái về hàm truyền.....	291
7.6. Graph trạng thái dòng tín hiệu của phương trình vi phân trạng thái	294
7.7. Chuyển đổi biến trạng thái.....	309
Bài tập	313

Tài liệu tham khảo	318
--------------------------	-----

Kỹ thuật điều khiển tự động

Tập I

Tác giả: TS BÙI QUÝ LỰC
Chịu trách nhiệm xuất bản: TS PHẠM VĂN DIỄN
Biên tập: TS NGUYỄN HUY TIẾN
Trình bày bìa: TRỊNH THÙY DƯƠNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội

In 200 cuốn, khuôn khổ 16x24 cm.

Tại Xí nghiệp in Nhà xuất bản Văn hóa Dân tộc.

Đăng ký kế hoạch xuất bản số: 526-2011/CXB/17.1-45/KHKT.

Quyết định xuất bản số: 97/QĐXB-NXBKHKT, ngày 20/6/2011

In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2011.