

TS NGUYỄN THƯƠNG NGỒ

LÝ THUYẾT

# ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

THÔNG THƯỜNG VÀ HIỆN ĐẠI

**QUYỂN 2**

HỆ XUNG SỐ

PGS. TS. NGUYỄN THƯƠNG NGÔ

**LÝ THUYẾT  
ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG  
THÔNG THƯỜNG VÀ HIỆN ĐẠI  
QUYỂN 2 - HỆ XUNG SỐ**



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI - 2003**

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

**PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI**

*Biên tập:* NGUYỄN NGỌC

*Sửa bản in:* PHẠM VĂN

*Vẽ bìa:* HƯƠNG LAN

---

In 1.000 cuốn, khổ 16 x 24cm tại Công ty In Hàng không.

Giấy phép xuất bản số: 113 - 66.2 - 3/3/2003

In xong và nộp lưu chiểu tháng 4 năm 2003.

## LỜI NÓI ĐẦU

Điều khiển tự động có lịch sử phát triển từ trước công nguyên, bắt đầu từ đồng hồ nước có phao điều chỉnh của Ktesibios ở Hy Lạp. Hệ điều chỉnh nhiệt độ đầu tiên do Cornelis Drebbel (1572 - 1633) người Hà Lan sáng chế. Hệ điều chỉnh mức đầu tiên là của Polzunov người Nga (1765). Hệ điều chỉnh tốc độ được ứng dụng trong công nghiệp đầu tiên là của Jame Watt (1769).

Thời kỳ trước năm 1868 là thời kỳ chế tạo những hệ tự động theo trục giác. Các công trình nghiên cứu lý thuyết bắt đầu từ Maxwell, đề cập đến ảnh hưởng của thông số đối với chất lượng của hệ, I. A. Vyshe gradsku với công trình toán học về các bộ điều chỉnh.

Thế chiến lần thứ hai đòi hỏi sự phát triển về lý thuyết và ứng dụng để có những máy bay lái tự động, những hệ điều khiển vị trí của các loại pháo, điều khiển tự động của các radar vv... Những năm 1950, các phương pháp toán học và phân tích đã phát triển và đưa vào ứng dụng nhanh chóng. Ở Mỹ thịnh hành hướng nghiên cứu trong miền tần số với các công trình ứng dụng của Bode, Nyquist và Black ở các trung tâm thí nghiệm điện tín. Trong khi ấy, ở Liên Xô (cũ) chú trọng lĩnh vực lý thuyết điều khiển và ứng dụng trong miền thời gian.

Từ những năm 1980, máy tính số bắt đầu được sử dụng rộng rãi, cho phép điều khiển với độ chính xác cao các đối tượng khác nhau.

Với sự ra đời của vệ tinh, thời đại vũ trụ bắt đầu, các hệ điều khiển ngày càng phức tạp hơn và đòi hỏi chất lượng cao hơn. Các phương pháp của Liapunoi, Minorsky cũng như lý thuyết điều khiển tối ưu hiện đại của L. S. Pontryagin (Liên Xô cũ) của R. Belman (Mỹ) có ý nghĩa rất lớn. Các nguyên tắc điều khiển thích nghi, điều khiển bền vững, điều khiển mờ, các "hệ thống minh" vv... ra đời và được áp dụng có hiệu quả vào thực tiễn.

Rõ ràng là trong việc phân tích và tổng hợp các hệ điều khiển hiện nay, việc sử dụng đồng thời miền tần số và miền thời gian là cần thiết [21].

Ở Việt Nam, từ những năm 1960, Đảng và nhà nước ta đã quan tâm đến việc đào tạo cán bộ và nghiên cứu khoa học trong lĩnh vực này.

Hiện nay, công nghệ tự động là một trong những hướng phát triển công nghệ mũi nhọn của đất nước trong thế kỷ 21. Nghị quyết 27CP của chính phủ về Chương trình Tự động hóa Quốc gia đã khẳng định vai trò quan trọng của ngành công nghệ này.

Những công trình công nghiệp lớn và trọng điểm hiện nay đều được tự động hóa ở mức độ tương đối cao và chủ yếu do nước ngoài đảm nhiệm. Để làm chủ được các công nghệ mới này, cán bộ kỹ thuật không những phải có khả năng sử dụng tốt mà phải có kiến thức cần thiết và chuyên tâm nghiên cứu, ứng dụng để hòa nhập vào trào lưu chung của thế giới.

Mạng internet ngày càng được sử dụng tối đa cho việc phổ biến những kiến thức mới, cho việc học tập, nghiên cứu. Tuy nhiên, không phải bất cứ ai, ở đâu cũng có thể sử dụng có hiệu quả, nhất là việc học tập, nghiên cứu những kiến thức cơ sở một cách có hệ thống.

Công cụ để điều khiển tự động không ngừng đổi mới và hoàn thiện, nhưng nguyên lý cơ bản vẫn không thay đổi đáng kể. Tuy vậy cho đến nay, các tài liệu về những vấn đề nêu trên vẫn còn ít và thiếu, điều đó thúc đẩy tác giả biên soạn bộ sách này. Bộ sách gồm bốn quyển. Quyển 1 - "*Lý thuyết điều khiển tự động - hệ tuyến tính*" đã xuất bản năm 2001. Quyển 3 - "*Lý thuyết điều khiển tự động thông thường và hiện đại - Hệ phi tuyến - Hệ ngẫu nhiên*" xuất bản năm 2003. Quyển 4 - Hệ tối ưu và thích nghi - có tên là "*Lý thuyết điều khiển tự động hiện đại*" đã tái bản năm 2000.

Đây là quyển 2 - "*Hệ xung số*" nhằm phục vụ cho việc sử dụng máy tính để điều khiển các đối tượng, các quá trình sản xuất. Nội dung sách một mặt nêu bật các đặc điểm của hệ gián đoạn nói chung cũng như hệ xung số nói riêng, mặt khác chú ý đến các phương pháp khảo sát và tổng hợp hệ đã dùng ở hệ liên tục, giúp người đọc dễ tiếp thu. Các phương pháp trong miền tần số và miền thời gian đều được đề cập đầy đủ nhằm giúp sinh viên vừa nắm được những kiến thức toán học gắn liền với kiến thức thực tế, vừa có khả năng giải quyết những bài toán phức tạp ở hệ thống lớn. Ở mỗi phần đều có hướng dẫn sử dụng máy tính để mô phỏng cũng như nhiều ví dụ, nhiều bài tập có chỉ dẫn cần thiết để đi đến đáp án... Sách đề cập nhiều vấn đề, nêu nhiều ví dụ thực tế, nhiều bài tập với đáp án đầy đủ và được dùng làm tài liệu học tập, tham khảo cho sinh viên, nghiên cứu sinh và cán bộ khoa học kỹ thuật.

Sách mới in lần đầu chắc không tránh khỏi thiếu sót, mong bạn đọc đóng góp ý kiến để lần tái bản sau được hoàn thiện hơn.

Tác giả chân thành cảm ơn các bạn đồng nghiệp, các cán bộ thuộc Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật đã giúp đỡ thiết thực để hoàn thành được tập sách này.

*Tác giả*

## Chương 1

# KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1. LƯỢNG TỬ HOÁ VÀ ĐẶC ĐIỂM

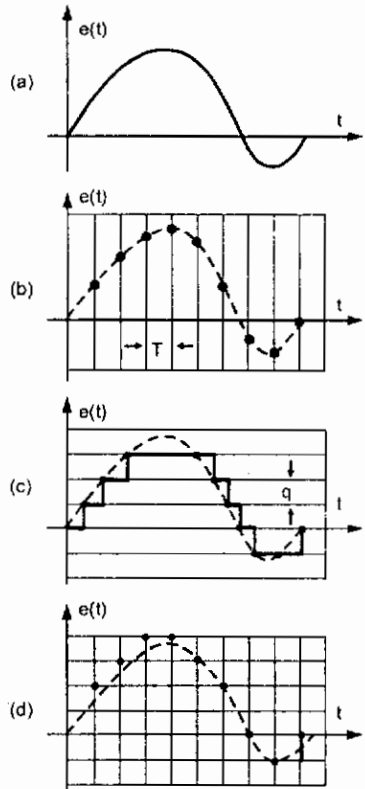
Lượng tử hoá là quá trình biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu gián đoạn. Ở các hệ liên tục, tín hiệu chứa đựng thông tin về sai lệch hay những tín hiệu nào khác là liên tục theo thời gian (hình 1.1a). Bên cạnh phương pháp truyền và biến đổi liên tục, còn có các phương pháp gián đoạn.

Lượng tử hoá hay gián đoạn hoá tín hiệu có thể thực hiện theo *thời gian*, theo *mức* hay *hỗn hợp*.

Lượng tử hoá theo thời gian là phương pháp lấy tín hiệu tại các thời điểm nhất định, thường là cách nhau một chu kỳ  $T$  gọi là *chu kỳ lượng tử hoá* hay *thời gian lấy mẫu* (hình 1.1b).

Lượng tử hoá theo mức là phương pháp lấy thông tin ở các mức mà tín hiệu đạt được. Thông thường các mức cách nhau một đại lượng  $q$  (hình 1.1c).

Lượng tử hoá hỗn hợp là phương pháp kết hợp hai dạng nói trên. Ở các



Hình 1.1

thời điểm nhất định, trị số nhận được là mức gần nhất mà tín hiệu đạt được (hình 1.1d).

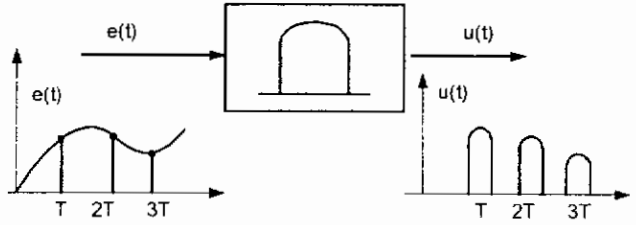
Tùy thuộc vào dạng lượng tử hoá mà các hệ tự động gián đoạn được

phân thành ba loại khác nhau: *hệ xung* - nếu ít nhất một trong các đại lượng đặc trưng cho trạng thái của hệ được lượng tử hoá theo thời gian: *hệ role* - tương ứng với lượng tử hoá theo mức và *hệ xung số* - tương ứng với lượng tử hoá

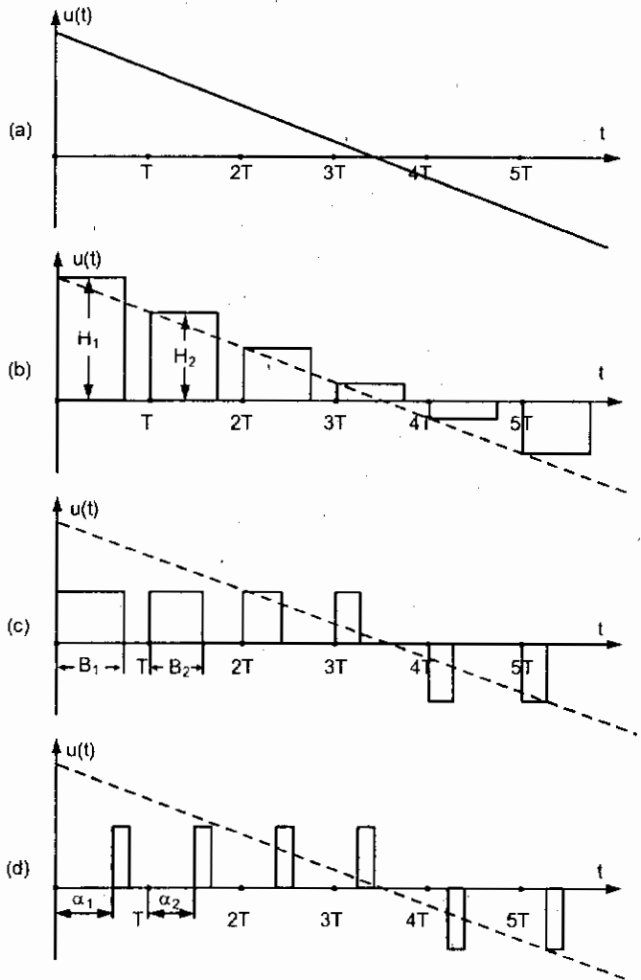
vừa theo thời gian, vừa theo mức. Ở một bảng ghi kết quả thực nghiệm nào đó mà ứng với các thời điểm nhất định (chu kỳ lượng tử hoá) người ta ghi những kết quả đã được quy tròn (mức), có thể xem là một dạng lượng tử hoá hỗn hợp.

Hệ role còn là hệ phi tuyến tính nói chung nên sẽ đề cập đến ở tập sau.

Lượng tử hoá theo thời gian biến đổi một hàm liên tục thành hàm rời rạc như ở hình 1.1b và tung độ của hàm là một chuỗi xung. Quá trình được thực hiện bởi bộ điều chế xung như ở hình 1.2. Bộ điều chế xung có chức năng biến đổi



Hình 1.2



Hình 1.3

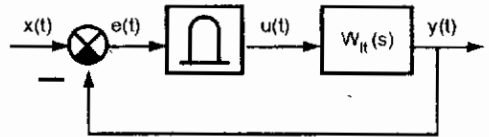
thông số của xung ở đầu ra theo thông số tín hiệu ở đầu vào. Ví dụ bộ điều chế xung tạo nên những xung chữ nhật thì thông số của xung ở đầu ra là:

H - Biên độ xung;

B - Độ rộng xung ;

T- Chu kỳ xung.

Ở hình 1.3a có  $u(t)$  là tín hiệu liên tục; ở hình 1.3b, các xung chữ nhật có độ rộng không đổi ( $B = \gamma T = \text{const}$ ), còn biên độ H tỷ lệ với tung độ của tín hiệu rời rạc ở đầu vào ứng với phương pháp *điều biên*. Ở hình 1.3c - độ rộng xung thay đổi theo tung độ tương ứng của tín hiệu rời rạc ở đầu vào ( $H = \text{const}$ ,  $B = \text{var}$  với hệ số lấp đầy  $\gamma < 1$ ) ta có phương pháp *điều rộng*. Nếu ở đầu ra của bộ điều chế xung là những xung có biên độ và độ rộng không đổi nhưng pha  $\alpha$  phụ thuộc tung độ tương ứng ở đầu vào, ta có phương pháp *điều pha* (hình 1.3d). Ngoài ra, nếu ở đầu ra là một chùm xung mà tần số phụ thuộc vào tín hiệu đầu vào, ta có phương pháp *điều tần*, trong trường hợp này  $T \neq \text{const}$ .

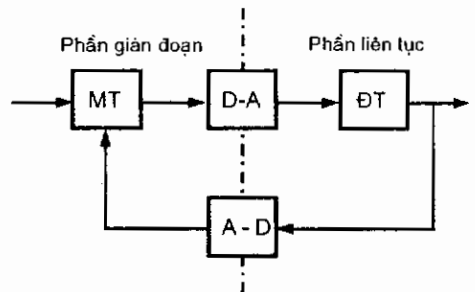


Hình 1.4

Sơ đồ tổng quát của hệ xung như ở hình 1.4 gồm có phần tử tạo xung và phần tử liên tục.

Hệ xung có thể tuyến tính hay phi tuyến tính (nếu có phần tử phi tuyến). Hệ xung theo phương pháp điều rộng là phi tuyến tính. Hệ xung - số là hệ phi tuyến vì lượng tử hoá theo mức là thuật toán phi tuyến tính. Nếu lượng tử hoá theo mức với chênh lệch rất bé, có thể xem hệ xung - số là hệ xung điều biên. Sơ đồ tổng quát của hệ xung số như ở hình 1.5.

Máy tính số MT thực hiện chức năng của cơ cấu đặt các đại lượng mong muốn, so sánh và điều khiển. Tín hiệu điều khiển gián đoạn của máy tính được biến đổi thành tín hiệu liên tục để điều khiển đối tượng ĐT qua bộ chuyển đổi D-A. Trạng thái của đối tượng được phản ánh về máy tính qua bộ chuyển đổi A-D từ tín hiệu liên tục của đối tượng thành tín hiệu gián đoạn của máy tính. Bộ chuyển đổi đóng vai trò của phần tử xung.



Hình 1.5



## I.2. VÍ DỤ VỀ CÁC HỆ GIÁN ĐOẠN

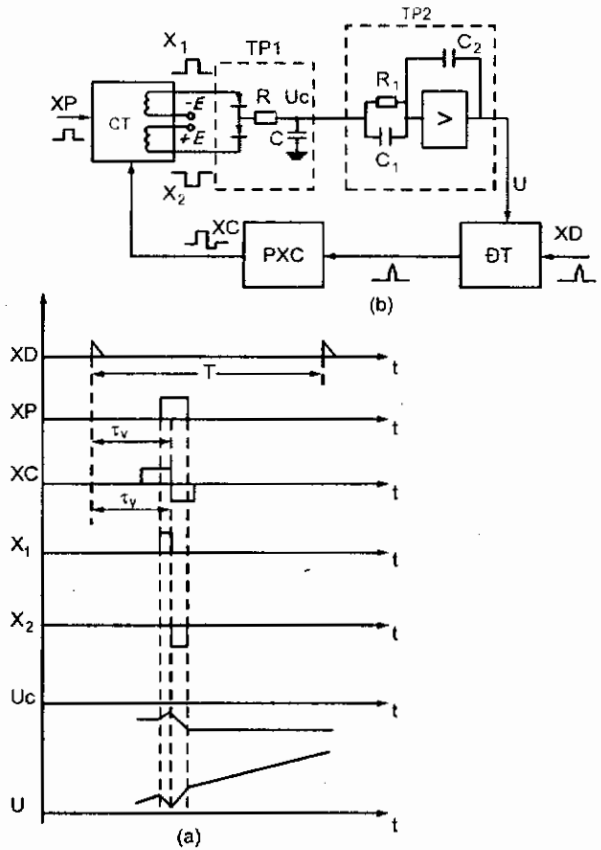
### I.2.1. Hệ tự động đo khoảng cách mục tiêu của radar

Sơ đồ chức năng của thiết bị tự động đo khoảng cách như ở hình 1.6a. Thiết bị gồm có bộ chọn thời gian CT, hai khối tích phân TP1 và TP2, bộ điều chế thời gian ĐT và máy phát xung chọn PXC.

Xung dò XD được phát đi, đồng thời được đưa đến bộ điều chế thời gian ĐT và được giữ lại ở đó một thời gian tùy thuộc vào điện áp điều khiển  $u$ . Xung ấy khởi động cho máy phát xung chọn (dạng máy tạo sóng nghệt chẳng hạn) tạo ra hai xung ngược dấu nhau XC. Thời gian chênh nhau  $\tau_y$  của biên giới hai xung XC ấy so với xung dò XD tỷ lệ với  $u$ . Xung chọn XC cùng với xung phản xạ từ mục tiêu XP đều được đưa đến bộ chọn thời gian CT. Thời gian chênh nhau  $\tau_x$  của điểm giữa xung phản xạ XP so với xung dò XD tỷ lệ với khoảng cách đến mục tiêu.

Ở đầu ra của CT có hai xung:  $X_1$  và  $X_2$  có biên độ như nhau nhưng cực khác nhau và trùng với cực của

hai xung chọn XC. Chênh lệch về độ rộng của hai xung  $X_1$  và  $X_2$  tỷ lệ với  $\tau_e = \tau_v - \tau_y$ . Hai xung  $X_1, X_2$  được đưa đến khối TP1 gồm hai mạch khoá diôt và mạch RC với hằng số thời gian lớn để điện áp  $U_C$  trên tụ C là tuyến tính. Như vậy chênh lệch điện áp  $U_C$  sau khi kết thúc hai xung  $X_1$  và  $X_2$  (ngược dấu nhau) tỷ lệ với  $\tau_e$ . Điện áp ở đầu ra của TP1 tỷ lệ với chênh lệch của  $\tau_e$  ở mọi thời điểm trước đó nên TP1 là bộ cộng các trị số gián đoạn (bộ tích phân gián đoạn).



Hình 1.6

Điện áp  $u_c$  được đưa đến bộ tích phân TP2, là một khuếch đại thuật toán có hàm truyền đạt:

$$G(s) = \frac{-(1+sT_1)}{sT_2},$$

mà  $T_1 = R_1C_1$ ,  $T_2 = R_1C_2$ . Với  $R_1$  được chọn đủ lớn để mạch đầu vào của khuếch đại không làm quá tải mạch RC. Điện áp ra  $u$  có hai thành phần: thành phần tỷ lệ  $\frac{T_1}{T_2}$  và thành phần tích phân  $\frac{1}{sT_2}$ . Sau khi tác động của  $X_1$  và  $X_2$  kết thúc,  $u$  thay đổi theo quy luật tuyến tính. Nếu  $\tau_v > \tau_v$  ( $\tau_e > 0$ ) thì  $u$  sẽ tăng (hình 1.6b) để sao cho ở thời điểm lấy mẫu kế tiếp  $\tau_v$  sẽ tiến đến bằng  $\tau_v$ . Nếu  $\tau_e < 0$  thì  $u$  và  $\tau_v$  sẽ giảm.

Như vậy, thiết bị tự động đo xa là hệ tự động điều chỉnh thời gian  $\tau_v$  (tỷ lệ với điện áp  $u$ ) mà lượng vào là  $\tau_v$  (tỷ lệ với khoảng cách đến mục tiêu). Hai khối tích phân cho phép bám sát mục tiêu không có sai số khi mục tiêu chuyển động đều. Tần số phát xung thường trong khoảng 100 đến 1000 Hz ( $T = 1$  đến 10 msec).

### 1.2.2. Hệ điều chỉnh nhiệt độ

Sơ đồ chức năng của hệ điều chỉnh nhiệt độ như ở hình 1.7a. Hệ gồm có đối tượng điều chỉnh DT (lò nhiệt), mạch cầu đo CD, điện thế kế ĐTK với đệm Đ chuyển động bởi động cơ quay bánh cam C, chiết áp CA, khuếch đại KĐ, động cơ chấp hành ĐC điều chỉnh lưu lượng nhiên liệu đốt lò qua bộ giảm tốc  $i$  và van V.

Nhiệt độ lò được đo bằng nhiệt điện trở  $R_v$  là một nhánh ở cầu cân bằng.  $R_0$  là điện trở đặt nhiệt độ lò.

Chênh lệch điện áp ở cầu cân bằng  $U_x$  được đưa vào cuộn dây điện thế kế ĐTK. Bánh cam C được quay với tốc độ không đổi  $\omega$  làm cho đệm Đ đè kim K tiếp xúc với chiết áp CA trong khoảng thời gian  $\gamma T$  theo chu kỳ  $T$  ( $\gamma < 1$ ). Điện áp dạng xung chữ nhật  $U_x$  được đặt vào khuếch đại KĐ điều khiển động cơ ĐC quay van V những góc  $\varphi$  tương ứng để tăng hay giảm lưu lượng  $q$  của nhiên liệu vào lò.

Điện thế kế có đệm tạo tín hiệu xung có hệ số khuếch đại lớn vì loại trừ được sai số do ma sát giữa kim và chiết áp. Chu kỳ  $T$  thường được đo bằng phút vì lò nhiệt có quán tính lớn. Bộ điều chỉnh có đệm là một trong những bộ điều chỉnh dạng xung đầu tiên.

Ở hình 1.7b có các đặc tính thời gian, mô tả tính chất biến đổi của một số tín hiệu trong hệ.