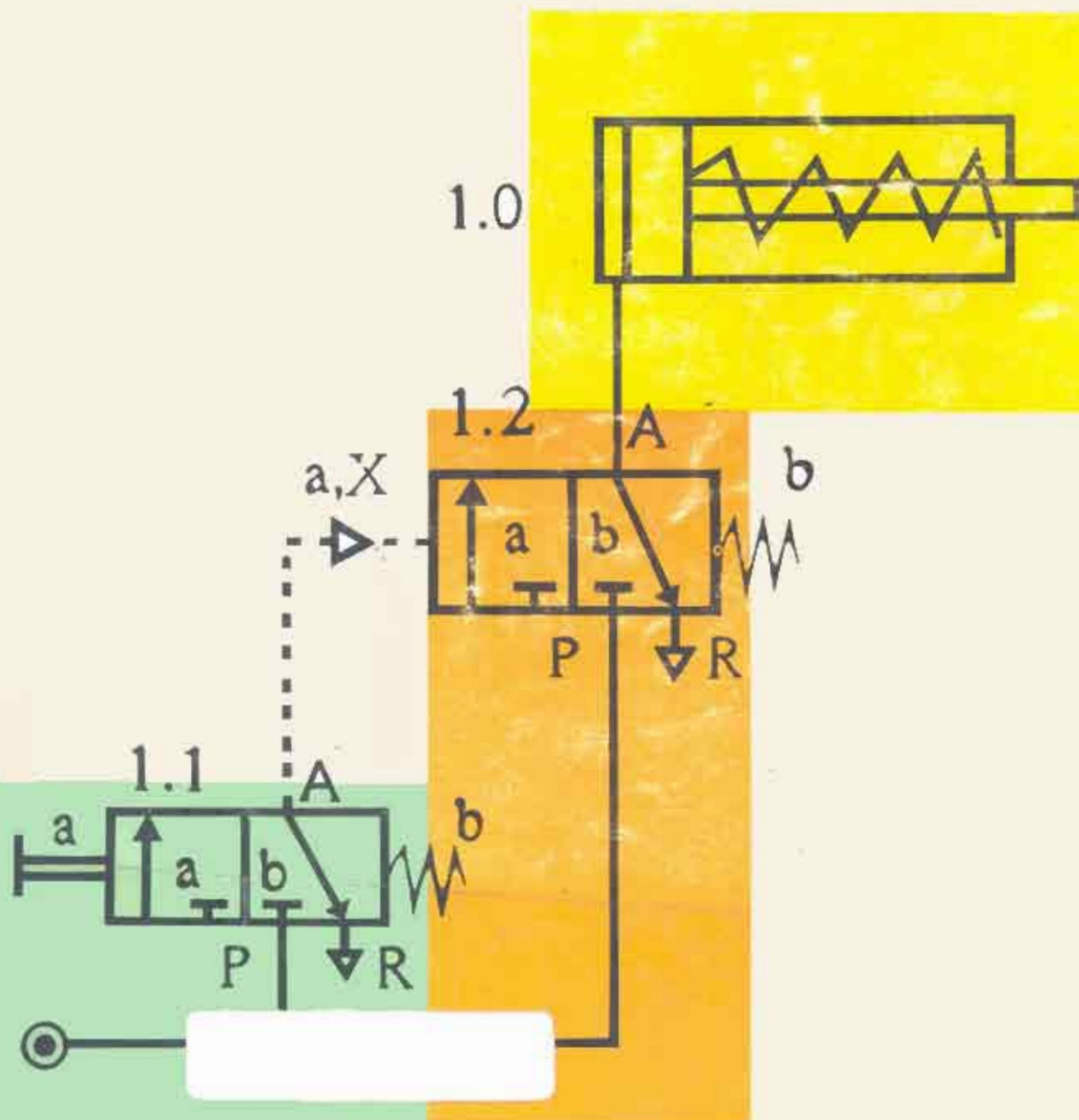


HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG KHÍ NÉN



PTS. NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG KHÍ NÉN

(Tái bản lần thứ hai)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

LỜI GIỚI THIỆU

Cùng với nỗ lực của nhiều ngành kỹ thuật trong công cuộc công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước, ngành tự động hóa đang tự khẳng định mình trong vai trò nâng cao chất lượng và sản lượng sản xuất của nhiều ngành kinh tế.

Tự động hóa đã mang lại những hiệu quả kinh tế to lớn và đang là đòi hỏi của rất nhiều ngành sản xuất khác nhau.

Cuốn ***Hệ thống điều khiển bằng khí nén*** được tác giả Nguyễn Ngọc Phương biên soạn nhằm cung cấp kiến thức rất cơ bản của một phần trong tổng thể tự động hóa. Bằng kiến thức và ngoại ngữ sẵn có, tác giả đã giới thiệu một cách có hệ thống những vấn đề sử dụng khí nén trong điều khiển tự động, trong việc ứng dụng các thiết bị sẵn có và cơ sở thiết kế các thiết bị điều khiển tự động với khí nén. Với ưu việt của mình, khí nén đang được sử dụng ngày một nhiều vào ngành tự động hóa. Kiến thức mà sách này cung cấp sẽ giúp cho những người quan tâm tìm hiểu, giảng dạy, học tập và áp dụng vào thực tế có được những cơ sở vững chắc khi nghĩ tới điều khiển tự động.

Với nỗ lực của mình, sau một thời gian nghiên cứu, giảng dạy, kế thừa các bậc đàn anh, tu nghiệp ở CHLB Đức, tác giả đã đóng góp một nguồn tài liệu quý giá cho nhiều đối tượng đang quan tâm tới Tự Động Hóa. Hy vọng cuốn sách sẽ đáp ứng được phần nào sự mong mỏi của bạn đọc.

Tháng 2/1998

PGS. NGUYỄN QUANG LỘC

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm cuối của thế kỷ 20 và bước sang thế kỷ 21, cùng với sự phát triển nền kinh tế thị trường để hòa nhập với nền kinh tế thế giới, ngành công nghiệp Việt Nam đang thay đổi một cách nhanh chóng. Công nghệ và thiết bị hiện đại dần dần thay thế các công nghệ lạc hậu và thiết bị cũ kỹ. Các thiết bị, công nghệ tiên tiến với các hệ thống điều khiển bằng khí nén, bằng dầu ép, bằng điện – điện tử, bằng máy vi tính đang được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp: các dây chuyền tự động chế biến thực phẩm bia, nước ngọt, dây chuyền tự động chế biến thức ăn gia súc, các máy tự động gia công sản phẩm nhựa, máy công cụ điều khiển theo chương trình số (CNC – Computer-Numerical-Control). Trong các trường Đại học Kỹ thuật, trường Cao đẳng Kỹ thuật và trong các trường Dạy nghề những kiến thức có hệ thống về các hệ thống điều khiển ứng dụng trong thực tế chưa được đề cập nhiều, nhất là hệ thống điều khiển bằng khí nén, điện – khí nén và đó chính là vấn đề mà cuốn sách này sẽ đề cập đến.

Cuốn sách "Hệ thống điều khiển bằng khí nén" được soạn thảo cho các đối tượng sinh viên của các trường Đại học Kỹ thuật, các trường Cao đẳng Kỹ thuật, các kỹ sư và các nhà chuyên môn thuộc lĩnh vực cơ khí chế tạo máy, cơ khí nông nghiệp..., làm cơ sở để thiết kế và vận hành các máy và hệ thống điều khiển bằng khí nén và điện – khí nén. Đồng thời cuốn sách này cũng là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường Dạy nghề để cho học sinh làm quen với các phần tử và các phương pháp điều khiển đơn giản bằng khí nén.

Cuốn sách này được soạn thảo dựa trên tài liệu đã giảng dạy, luận án tốt nghiệp, luận án cao học về lĩnh vực điều khiển hệ thống bằng khí nén ở Trung tâm Đào tạo Việt – Đức, khoa Chế tạo máy trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thủ Đức TP. Hồ Chí Minh, khóa đào tạo Cao học ở khoa Cơ khí – Công nghệ trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh. Phần thí nghiệm các mạch điều khiển được thực hiện ở phòng Thí nghiệm Điều khiển bằng khí nén, điện – khí nén ở Trung tâm Đào tạo Việt – Đức và tại phòng Thí nghiệm khoa Cơ khí trường Đại học Kỹ thuật Dresden – CHLB Đức. Cuốn sách đề cập một cách có hệ thống kiến thức về lĩnh vực khí nén, những khái niệm cơ bản đến các phương pháp điều khiển bằng khí nén mới nhất hiện đang ứng dụng tại CHLB Đức.

Để cuốn sách "Hệ thống điều khiển bằng khí nén" được hoàn thành, tác giả xin cảm ơn hãng FESTO; đặc biệt là ông SIEGFRIED EDER, Trưởng phòng Phát triển hệ thống dạy học bằng khí nén ở hãng HERION CHLB Đức, đã cung cấp tài liệu trong quá trình viết.

Tác giả cảm ơn PTS. Đỗ Đức Túy, Giám đốc Trung tâm Đào tạo Việt – Đức, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thủ Đức TP. Hồ Chí Minh về các góp ý bổ ích để thực hiện cuốn sách này.

Tác giả cảm ơn hai chuyên gia của CHLB Đức, ông Alois Mailly, Trưởng đoàn chuyên gia và ông Berndt, chuyên gia về cơ khí, hiện làm việc tại Trung tâm Đào tạo Việt – Đức về định hướng để thực hiện cuốn sách.

Tác giả cảm ơn PTS. Nguyễn Tiến Dũng, Trưởng khoa Cơ khí trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thủ Đức TP. Hồ Chí Minh về đóng góp hữu ích cho thực hiện cuốn sách.

Đặc biệt tác giả cảm ơn PGS.PTS. Nguyễn Quang Lộc, Trưởng khoa Cơ khí – Công nghệ trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, đã có những đóng góp cụ thể để sửa đổi và hiệu chỉnh cuốn sách này.

Cuốn sách “Hệ thống điều khiển bằng khí nén” trong quá trình thực hiện, không tránh khỏi thiếu sót, mong độc giả đóng góp ý kiến cho cuốn sách, qua địa chỉ: “Trung tâm Đào tạo Việt – Đức, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh”.

Cuối cùng, tác giả hi vọng, cuốn sách “Hệ thống điều khiển bằng khí nén” sẽ là cơ sở để áp dụng nhanh chóng các kiến thức về điều khiển bằng khí nén vào thực tiễn.

Dresden 10.1.1998

TÁC GIẢ

CHƯƠNG 1

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KHÍ NÉN

I- VAI NÉT VỀ SỰ PHÁT TRIỂN

Ứng dụng *khí nén* đã có từ thời trước Công nguyên. Ví dụ : nhà triết học người Hi Lạp *Ktesibios* (năm 140, trước Công nguyên) và học trò của ông là *Heron* (năm 100, trước Công nguyên) đã chế tạo ra thiết bị bắn tên hay ném đá (hình 1.1). Dây cung được căng bằng áp suất khí trong 2 xilanh thông qua 2 đòn bẩy nối với 2 pittông của 2 xilanh đó.

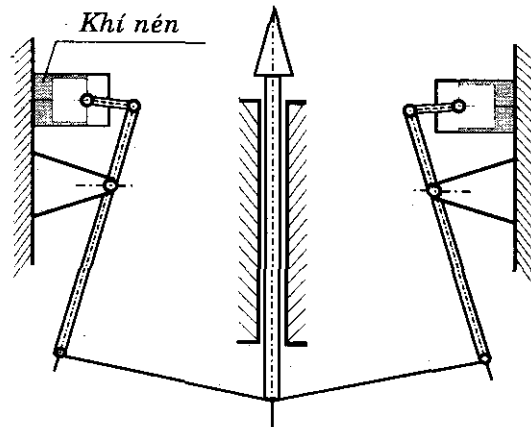
Khi buồng dây cung ra, áp suất của không khí nén giãn ra, tăng vận tốc bay của mũi tên. Sau đó một số phát minh sáng chế của Ktesibios và Heron, như : thiết bị đóng, mở cửa bằng khí nén; bơm; súng phun lửa được ứng dụng. Khái niệm "*Pneumatica*" cũng được dùng trong thập kỉ này.

Tuy nhiên sự phát triển của khoa học kĩ thuật thời đó không đồng bộ, nhất là sự kết hợp các kiến thức về cơ học, vật lí, vật liệu... còn thiếu, cho nên phạm vi ứng dụng của khí nén còn rất hạn chế.

Mãi cho đến thế kỷ 17, nhà kĩ sư chế tạo người Đức *Otto von Guericke* (1602–1686), nhà toán học và triết học người Pháp *Blaise Pascal* (1623–1662), cũng như nhà vật lí người Pháp *Denis Papin* (1647–1712) đã xây dựng nên nền tảng cơ bản ứng dụng khí nén.

Trong thế kỷ 19, các máy móc thiết bị sử dụng năng lượng khí nén lần lượt được phát minh, như: thư vận chuyển trong ống bằng khí nén (1835) của Josef Ritter (Austria), phanh bằng khí nén (1880), búa tán đinh bằng khí nén (1861). Trong lĩnh vực xây dựng đường hầm xuyên dãy núi Alps ở Thụy Sĩ (1857) lần đầu tiên người ta sử dụng khí nén với công suất lớn. Vào những năm 70 của thế kỷ 19 xuất hiện ở Pari một trung tâm sử dụng năng lượng khí nén lớn với công suất 7350kW. Khí nén được vận chuyển tới nơi tiêu thụ trong đường ống với đường kính 500 mm và dài nhiều km. Tại đó khí nén được nung nóng lên nhiệt độ từ 50°C đến 150°C để tăng công suất truyền động động cơ, các thiết bị búa hơi...

Với sự phát triển mạnh mẽ của năng lượng điện, vai trò sử dụng năng lượng bằng



Hình 1.1 Thiết bị bắn tên

khí nén bị giảm dần. Tuy nhiên việc sử dụng năng lượng bằng khí nén vẫn đóng một vai trò cốt yếu ở những lĩnh vực, mà khi sử dụng năng lượng điện sẽ nguy hiểm ; sử dụng năng lượng bằng khí nén ở những dụng cụ nhỏ, nhưng truyền động với vận tốc lớn ; sử dụng năng lượng bằng khí nén ở những thiết bị, như búa hơi, dụng cụ đập, tán đinh... và nhiều nhất là các dụng cụ, đồ gá kẹp chặt trong các máy.

Thời gian sau chiến tranh Thế giới thứ 2, việc ứng dụng năng lượng bằng khí nén trong kĩ thuật điều khiển phát triển khá mạnh mẽ. Với những dụng cụ, thiết bị, phần tử khí nén mới được sáng chế và được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau, sự kết hợp khí nén với điện-điện tử là nhân tố quyết định cho sự phát triển của kĩ thuật điều khiển trong tương lai. Hãng FESTO (Đức) có những chương trình phát triển hệ thống điều khiển bằng khí nén rất đa dạng, không những phục vụ cho công nghiệp, mà còn phục vụ cho sự phát triển các phương tiện dạy học (Didactic)

II- KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA KHÍ NÉN

1. Trong lĩnh vực điều khiển

Sau chiến tranh Thế giới thứ 2, nhất là vào những năm 50 và 60 của thế kỷ 20 này, là thời gian phát triển mạnh mẽ của giai đoạn tự động hóa quá trình sản xuất ; kĩ thuật điều khiển bằng khí nén được phát triển rộng rãi và đa dạng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Chỉ riêng ở Cộng hòa Liên bang Đức đã có 60 hãng chuyên sản xuất các phần tử điều khiển bằng khí nén.

Hệ thống điều khiển bằng khí nén được sử dụng ở những lĩnh vực mà ở đó nguy hiểm, hay xảy ra các vụ nổ, như các thiết bị phun sơn; các loại đồ gá kẹp các chi tiết nhựa, chất dẻo; hoặc là được sử dụng cho lĩnh vực sản xuất các thiết bị điện tử, vì điều kiện vệ sinh môi trường rất tốt và an toàn cao. Ngoài ra hệ thống điều khiển bằng khí nén được sử dụng trong các dây chuyền rửa tự động; trong các thiết bị vận chuyển và kiểm tra của thiết bị lò hơi, thiết bị mạ điện, đóng gói, bao bì và trong công nghiệp hóa chất.

2. Hệ thống truyền động

- Các dụng cụ, thiết bị máy va đập

Các thiết bị, máy móc trong lĩnh vực khai thác, như khai thác đá, khai thác than ; trong các công trình xây dựng, như xây dựng hầm mỏ, đường hầm,....

- Truyền động quay

Truyền động động cơ quay với công suất lớn bằng năng lượng khí nén giá thành rất cao. Nếu so sánh giá thành tiêu thụ điện của một động cơ quay bằng năng lượng khí nén và một động cơ điện có cùng một công suất, thì giá thành tiêu thụ điện của một động cơ quay bằng năng lượng khí nén cao hơn 10 đến 15 lần so với động cơ điện. Nhưng ngược lại thể tích và trọng lượng nhỏ hơn 30% so với động cơ điện có cùng công suất.

Những dụng cụ vặn vít từ M4 đến M300; máy khoan, công suất khoảng 3,5 kW; máy mài, công suất khoảng 2,5 kW, cũng như những máy mài với công suất nhỏ, nhưng với số vòng quay cao 100.000 vòng/phút thì khả năng sử dụng động cơ truyền động bằng khí nén là phù hợp.

- Truyền động thẳng

Vận dụng truyền động bằng áp suất khí nén cho chuyển động thẳng trong các dụng cụ, đồ gá kẹp chặt chi tiết, trong các thiết bị đóng gói, trong các loại máy gia công gỗ, trong các thiết bị làm lạnh, cũng như trong hệ thống phanh hãm của ô tô.

- Trong các hệ thống đo và kiểm tra.

Dùng trong các thiết bị đo và kiểm tra chất lượng sản phẩm.

III- ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG BẰNG KHÍ NÉN

1. Ưu điểm

- Do khả năng chịu nén (đàn hồi) lớn của không khí, cho nên có thể tích chứa khí nén một cách thuận lợi. Như vậy có khả năng ứng dụng để thành lập một trạm tích chứa khí nén.

- Có khả năng truyền tải năng lượng xa, bởi vì độ nhớt động học của khí nén nhỏ và tổn thất áp suất trên đường dẫn ít.

- Đường dẫn khí nén ra (thải ra) không cần thiết (ra ngoài không khí).

- Chi phí thấp để thiết lập một hệ thống truyền động bằng khí nén, bởi vì phần lớn trong các xí nghiệp hệ thống đường dẫn khí nén đã có sẵn.

- Hệ thống phòng ngừa quá áp suất giới hạn được đảm bảo.

2. Nhược điểm

- Lực truyền tải trọng thấp.

- Khi tải trọng trong hệ thống thay đổi, thì vận tốc truyền cũng thay đổi, bởi vì khả năng đàn hồi của khí nén lớn, cho nên không thể thực hiện những chuyển động thẳng hoặc quay đều.

- Dòng khí nén thoát ra ở đường dẫn ra gây nên tiếng ồn.

Hiện nay, trong lĩnh vực điều khiển, người ta thường kết hợp hệ thống điều khiển bằng khí nén với cơ, hoặc với điện, điện tử. Cho nên rất khó xác định một cách chính xác, rõ ràng ưu, nhược điểm của từng hệ thống điều khiển.

Tuy nhiên có thể so sánh một số khía cạnh, đặc tính của truyền động bằng khí nén đối với truyền động bằng cơ, bằng điện.

IV- MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CỦA HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG BẰNG KHÍ NÉN

Kí hiệu: (+), (=), (-), có nghĩa là: thích hợp hơn/bằng/ít hơn so với truyền động bằng khí nén.

1. Độ an toàn khi quá tải

Khi hệ thống đạt được áp suất làm việc tới hạn, thì truyền động vẫn an toàn, không có sự cố, hư hỏng xảy ra.

Truyền động điện-cơ (-), truyền động bằng thủy lực (=), truyền động bằng cơ (-).

2. Sự truyền tải năng lượng

Tổn thất áp suất và giá đầu tư cho mạng truyền tải bằng khí nén tương đối thấp.

Truyền tải năng lượng điện (+), truyền tải thủy lực (-), truyền tải bằng cơ (-).

3. Tuổi thọ và bảo dưỡng

Hệ thống điều khiển và truyền động bằng khí nén hoạt động tốt, khi mạng đạt tới áp suất tối hạn và không gây nên ảnh hưởng đối với môi trường. Tuy nhiên hệ thống đòi hỏi rất cao vấn đề lọc chất bẩn của áp suất không khí trong hệ thống.

Hệ thống điện-cơ (-/=), hệ thống cơ (-), hệ thống thủy lực (=), hệ thống điện (+)

4. Khả năng thay thế những phần tử, thiết bị

Trong hệ thống truyền động bằng khí nén, khả năng thay thế những phần tử dễ dàng.

Điều khiển bằng điện (+), hệ thống điều khiển cơ (-), hệ thống điều khiển bằng thủy lực (=).

5. Vận tốc truyền động

Do trọng lượng của các phần tử trong hệ thống điều khiển bằng khí nén nhỏ, hơn nữa khả năng giãn nở của áp suất khí lớn, nên truyền động có thể đạt được với vận tốc rất cao.

Điện-cơ (-), cơ (-), thủy lực (-)

6. Khả năng điều chỉnh lưu lượng dòng và áp suất

Truyền động bằng khí nén có khả năng điều chỉnh lưu lượng và áp suất một cách đơn giản. Tuy nhiên với sự thay đổi tải trọng tác động, thì vận tốc bị thay đổi.

Điện-cơ (-), cơ (-), thủy lực (+).

7. Vận tốc truyền tải

Vận tốc truyền tải và xử lý tín hiệu tương đối chậm.

Điện (+), cơ (=/-), thủy lực (=)

Trong **bảng 1.1** là phạm vi ứng dụng thích hợp của các hệ thống điều khiển khác nhau

Pneu.	= Điều khiển bằng khí nén	
Elektr.Pneu.	= Điều khiển bằng điện - khí nén	☐ Khả năng ứng dụng thích hợp
Elektr.Mech.	= Điều khiển bằng điện - cơ	☒ Có thể ứng dụng
Elektr.Steuer.	= Điều khiển bằng điện	☐ Có thể ứng dụng trong trường hợp đặc biệt
Mech.Steuer.	= Điều khiển bằng cơ	☒ Không có thể ứng dụng được
Hydr.	= Điều khiển bằng thủy lực	

Bảng 1.1 Phạm vi ứng dụng

Số TT	Trường hợp ứng dụng	Pneu.	Elektr. Pneu.	Elektr. Mech.	Elektr. Steuer.	Mech. Steuer.	Hydr.
1.	Truyền động quay với công suất lớn hơn 2 kW	○	+	□	+	+	⊗
1.1	Truyền động quay với công suất nhỏ hơn 2 kW	⊗	+	□	+	+	⊗
1.2	Số vòng quay lớn hơn 10.000 vòng/phút	□	+	⊗	+	+	+
2.	Truyền động thẳng quãng đường nhỏ hơn 200 mm, tải trọng nhỏ hơn 20 kN	○	+	⊗	+	+	□
2.1	Truyền động thẳng quãng đường nhỏ hơn 500 mm, tải trọng nhỏ hơn 20 kN	○	+	⊗	+	+	⊗
2.2	Truyền động thẳng quãng đường lớn hơn 500 mm, tải trọng nhỏ hơn 6 kN	□	+	⊗	+	+	⊗
3.	Điều khiển nhiều hơn 10 tiến trình	○	⊗	+	□	○	+
3.1	Điều khiển ít hơn 10 tiến trình	⊗	⊗	+	□	○	○
3.2	Điều khiển ít hơn 6 tiến trình	□	⊗	+	⊗	○	+

V- ĐƠN VỊ ĐO TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

1. Áp suất

Đơn vị cơ bản của áp suất theo Hệ đo lường SI là *Pascal*.

1. *Pascal* là áp suất phân bố đều lên bề mặt có diện tích 1m^2 với lực tác động vuông góc lên bề mặt đó là 1 Newton (N).

$$1 \text{ Pascal (Pa)} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg m/s}^2/\text{m}^2 = 1 \text{ kg/ms}^2$$

Trong thực tế người ta dùng đơn vị bội số của Pascal là Megapascal (MPa).

$$1 \text{ MPa} = 1.000.000 \text{ Pa}$$

Ngoài ra còn dùng đơn vị bar:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100.000 \text{ Pa}$$

và đơn vị kp/cm^2 (theo DIN - Tiêu chuẩn của Cộng hòa Liên bang Đức)⁽¹⁾

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,980665 \text{ bar} = 0,981 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 1,01972 \text{ kp/cm}^2$$

$$= 1,02 \text{ kp/cm}^2$$

Trong thực tế người ta coi: $1 \text{ bar} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ at}$

Ngoài ra một số nước (Anh, Mỹ) còn sử dụng đơn vị đo áp suất :

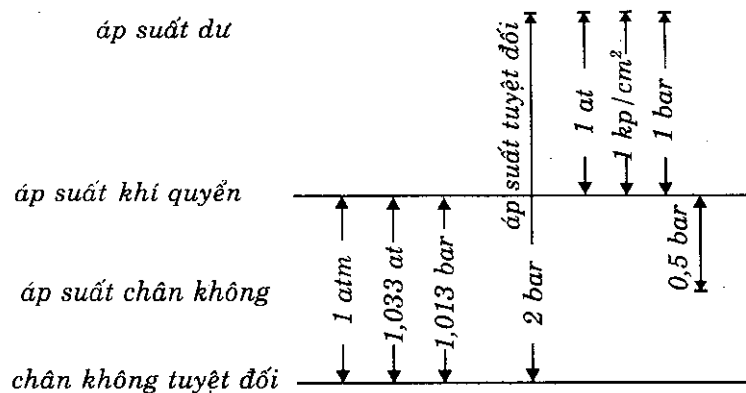
Pound (0,45336kg) per square inch (6,4521 cm^2)

Kí hiệu lbf/in^2 (psi)

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi}$$

$$1 \text{ psi} = 0,06895 \text{ bar}$$

(1) : Ở Việt Nam quen dùng đơn vị kg/cm^2 tương đương với kp/cm^2 .



Hình 1.2 Áp suất tương đối và tuyệt đối.

Theo hình 1.2 thì áp suất ghi trên tất cả các thiết bị khí nén là hiệu áp suất của áp suất tuyệt đối và áp suất khí quyển.

Bảng 1.2 biểu thị mối tương quan của các đơn vị đo áp suất khác nhau (theo DIN)

Bảng 1.2

Áp suất	Pa	bar	mbar	at kp/cm ²	mmWS kp/m ²	Torr mmHg	psi	atm
1 Pa 1 N/m ²	1	1,000.10 ⁻⁵	1,000.10 ⁻²	1,02.10 ⁻⁵	0,102	7,50.10 ⁻³	1,45.10 ⁻⁴	0,987.10 ⁻⁵
1 bar	1,000.10 ⁵	1	1,000.10 ³	1,02	1,02.10 ⁴	0,75.10 ³	1,45.10	0,987
1 mbar	1,000.10 ²	1,000.10 ⁻³	1	1,02.10 ⁻³	1,02.10	0,75	1,45.10 ⁻²	0,987.10 ⁻³
1 at 1 kp/cm ²	0,981.10 ⁵	0,981	9,81.10 ²	1	1,000.10 ⁴	7,36.10 ²	1,42.10 ⁻²	0,987
1 mmWS 1 kp/m ²	9,81	0,981.10 ⁻⁴	9,81.10 ⁻²	1,000.10 ⁻⁴	1	7,36.10 ⁻²	1,42.10 ⁻³	9,68.10 ⁻⁵
1 mmHg 1 Torr	1,33.10 ²	1,33.10 ⁻³	1,33	1,36.10 ⁻³	1,36.10	1	1,934.10 ⁻²	1,32.10 ⁻³
1 psi	6,985.10 ³	6,985.10 ⁻²	6,985.10	7,033.10 ⁻²	7,033.10 ²	5,171.10	1	6,805.10 ⁻²
1 atm	1,013.10 ⁵	1,013	1,013.10 ³	1,033	1,033.10 ⁴	7,6.10 ²	1,469.10 ⁻²	1

2. Lực

Đơn vị của lực là Newton (N).

1 Newton (N) là lực tác động lên đối trọng có khối lượng 1kg với gia tốc 1m/s².

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ngoài đơn vị Newton (N) người ta còn sử dụng một số đơn vị đo khác về lực. **Bảng 1.3.** biểu thị mối liên hệ giữa các đơn vị đo về lực (theo DIN)⁽¹⁾

(1) : Đơn vị kG tương đương với kp.

Bảng 1.3

N	dyn	kp	Mp	p
1	10^5	0,102	$1,02 \cdot 10^{-4}$	102
10^{-5}	1	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$
9,81	$9,81 \cdot 10^6$	1	10^{-3}	10^3
$9,81 \cdot 10^3$	$9,81 \cdot 10^8$	10^3	1	10^6
$9,81 \cdot 10^{-3}$	981	10^{-3}	10^{-6}	1

3. Công

Đơn vị của công là *Joule (J)*.

1 *Joule (J)* là công sinh ra dưới tác động của lực 1 N để vật thể dịch chuyển quãng đường 1m.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ J} = 1 \frac{\text{m}^2 \text{kg}}{\text{s}^2}$$

Bảng 1.4 biểu thị mối liên hệ giữa các đơn vị đo về công (theo DIN)⁽¹⁾**Bảng 1.4**

J	erg	kpm	kWh	kcal	eV
1	10^7	0,102	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$6,24 \cdot 10^{18}$
10^{-7}	1	$1,02 \cdot 10^{-8}$	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$2,39 \cdot 10^{-11}$	$6,24 \cdot 10^{11}$
9,81	$9,81 \cdot 10^7$	1	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$	$6,12 \cdot 10^{19}$
$3,60 \cdot 10^6$	$3,60 \cdot 10^{13}$	$3,67 \cdot 10^5$	1	860	$2,25 \cdot 10^{25}$
4187	$4,19 \cdot 10^{10}$	427	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1	$2,61 \cdot 10^{22}$
$1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$1,63 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	1

4. Công suất

Đơn vị của công suất là Watt.

1 Watt là công suất, trong thời gian 1 giây sinh ra năng lượng 1 Joule.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Nm/s}$$

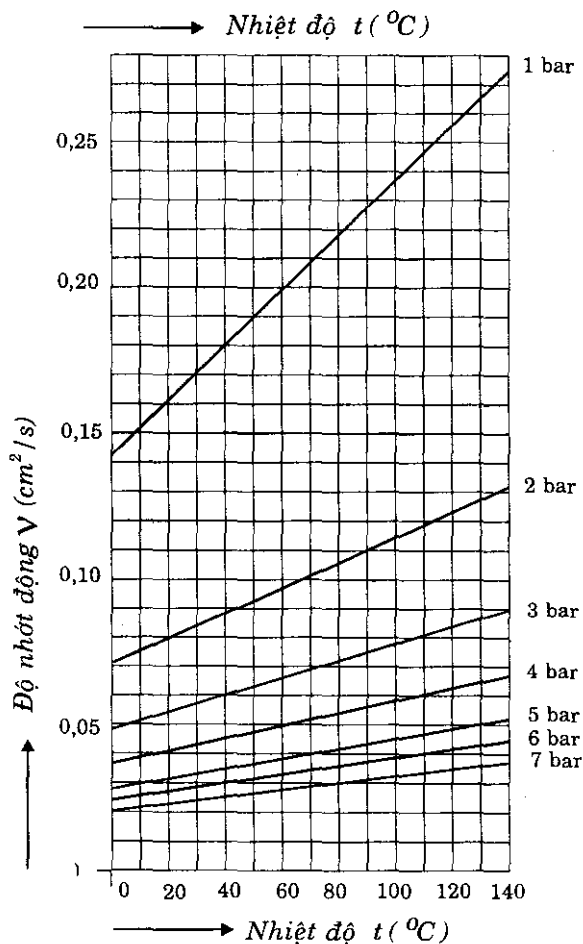
$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{m}^2 \text{kg}}{\text{s}^3}$$

(1) : Đơn vị kGm tương đương với kpm.

Bảng 1.5 biểu thị mối liên hệ giữa các đơn vị đo về công suất (theo DIN)⁽¹⁾

Bảng 1.5

W	kW	kpm/s	PS	kcal/s	kcal/h
1	10^{-3}	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	0,86
10^3	1	102	1,36	0,239	860
9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$	$23,45 \cdot 10^{-4}$	8,43
735,5	0,7355	75	1	0,1757	622
4187	4,19	427	5,69	1	3600
1,16	$1,16 \cdot 10^{-3}$	0,119	$1,58 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	1



Hình 1.3 Sự phụ thuộc áp suất, nhiệt độ và độ nhớt động của không khí.

5. Độ nhớt động

Độ nhớt động không có vai trò quan trọng trong hệ thống điều khiển bằng khí nén. Đơn vị của độ nhớt động là m^2/s . $1 m^2/s$ là độ nhớt động của một chất có độ nhớt động lực $1 Pa.s$ và khối lượng riêng $1 kg/m^3$.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Trong đó :

η độ nhớt động lực $[Pa.s]$

ρ khối lượng riêng $[kg/m^3]$

ν độ nhớt động $[m^2/s]$

Ngoài ra người ta sử dụng đơn vị đo độ nhớt động là Stokes (St) hoặc là centiStokes (cSt). Hình 1.3, theo [35] biểu diễn sự phụ thuộc độ nhớt động, nhiệt độ và áp suất của không khí.

VI- CƠ SỞ TÍNH TOÁN KHÍ NÉN

1. Thành phần hóa học của khí nén

Nguyên tắc hoạt động của các thiết bị khí nén là không khí trong khí quyển, được hút vào và nén trong máy nén khí.

(1) : Đơn vị kGm/s tương đương với kpm/s.
Đơn vị mã lực CV tương đương với PS.

Sau đó khí nén từ máy nén khí được đưa vào hệ thống khí nén. Không khí là loại khí hỗn hợp, bao gồm những thành phần chính được nêu ở *bảng 1-6*.

Ngoài những thành phần trên, trong không khí còn có hơi nước, bụi, ... Chính những thành phần đó gây ra cho các thiết bị khí nén sự ăn mòn, sự gỉ. Phải có những

Bảng 1.6

	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	H ₂	Ne.10 ⁻³	He.10 ⁻³	Kr.10 ⁻³	X.10 ⁻⁶
Thể tích %	78,08	20,95	0,93	0,03	0,01	1,8	0,5	0,1	9
Khối lượng %	75,51	23,01	1,286	0,04	0,001	1,2	0,07	0,3	40

biện pháp hay thiết bị để loại trừ hoặc giới hạn mức thấp nhất những thành phần đó trong hệ thống (xem những phần tiếp theo trong *chương II*).

Trong *bảng 1.7* là những đại lượng vật lý cơ bản của không khí.

Bảng 1.7

Số TT	Đại lượng vật lý	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
1	Khối lượng riêng	ρ_n	1,293	kg/m ³	Trạng thái tiêu chuẩn DIN 1343: T = 273K Pa=760 Torr= 1,013 bar
2	Hằng số khí	R	287	J/kg.K	
3	Tốc độ âm thanh	w_s	331,2 344	m/s	ở nhiệt độ 0°C 20°C
4	Nhiệt lượng riêng	c_p c_v	1,004 0,717	kJ/kg.K kJ/kg.K	áp suất hằng số thể tích hằng số
5	Số mũ đoạn nhiệt	K	1,4		
6	Độ nhớt động lực	η	17,17.10 ⁻⁶	Pa.s	ở trạng thái tiêu chuẩn
7	Độ nhớt động	ν	13,28.10 ⁻⁶	m ² /s	ở trạng thái tiêu chuẩn

2. Phương trình trạng thái nhiệt động học

Giả thiết là khí nén trong hệ thống gần như là khí lý tưởng. Phương trình trạng thái nhiệt tổng quát của khí nén :

$$p_{abs} V = m.R.T \quad (1-1)$$

Trong đó :

p_{abs}	[bar]	áp suất tuyệt đối
V	[m ³]	thể tích của khí nén
m	[kg]	khối lượng
R	[J/kg.K]	hằng số khí
T	[K]	nhiệt độ Kelvin

a) Định luật Boyle - Mariotte

Khi nhiệt độ không thay đổi ($T = \text{hằng số}$), theo phương trình (1-1) ta có:

$$p_{\text{abs}} V = \text{hằng số} \quad (1-2)$$

Nếu gọi :

$V_1 [m^3]$ thể tích khí nén tại thời điểm áp suất p_1

$V_2 [m^3]$ thể tích khí nén tại thời điểm áp suất p_2

$p_{1 \text{ abs}} [\text{bar}]$ áp suất tuyệt đối khí nén có thể tích V_1

$p_{2 \text{ abs}} [\text{bar}]$ áp suất tuyệt đối khí nén có thể tích V_2

Theo phương trình (1-2) ta có thể viết như sau :

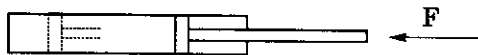
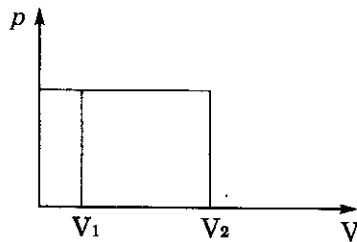
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_{2 \text{ abs}}}{p_{1 \text{ abs}}} \quad (1-3)$$

Hình 1.4 biểu diễn sự phụ thuộc áp suất và thể tích khí nhiệt độ không thay đổi là đường cong parabol. Năng lượng nén và năng lượng giãn nở không khí được tính theo phương trình (1-4) :

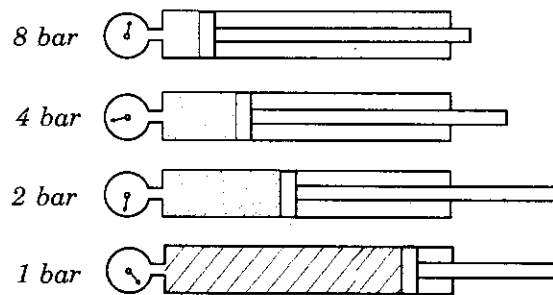
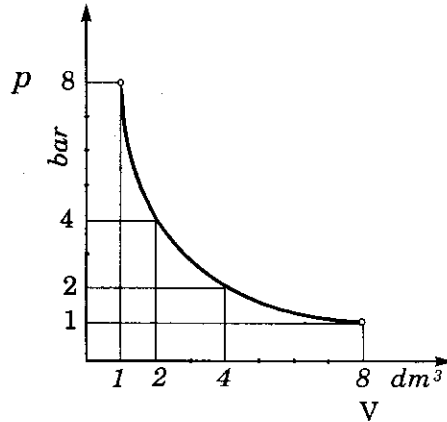
$$W = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (1-4)$$

b) Định luật 1. Gay - Lussac

Khi áp suất không thay đổi ($p = \text{hằng số}$), theo phương trình (1-1) ta có :



Hình 1.5 Sự thay đổi thể tích khi áp suất là hằng số.



Hình 1.4 Sự phụ thuộc áp suất và thể tích khi nhiệt độ không thay đổi

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1-5)$$

$T_1 [K]$ nhiệt độ tại thời điểm có thể tích V_1

$T_2 [K]$ nhiệt độ tại thời điểm có thể tích V_2

Hình 1.5 biểu diễn sự thay đổi thể tích khi áp suất là hằng số. Năng lượng nén và năng lượng giãn nở không khí được tính theo phương trình (1-6) :

$$W = p(V_2 - V_1) \quad (1-6)$$

c) Định luật 2. Gay – Lussac

Khi thể tích V không thay đổi, phương trình (1-1) viết được như sau :

$$\frac{p_{1abs}}{p_{2abs}} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1-7)$$

Hình 1.6 biểu diễn sự thay đổi áp suất khi thể tích là hằng số. Bởi vì thể tích V không thay đổi, nên năng lượng nén và năng lượng giãn nở bằng 0 :

$$W = 0 \quad (1-8)$$

d) Phương trình trạng thái nhiệt khi cả 3 đại lượng áp suất, nhiệt độ và thể tích thay đổi

Theo phương trình (1-1) ta biến đổi được như sau :

$$\frac{p_{abs} V}{T} = m \cdot R = \text{hằng số} \quad (1-9)$$

$$\text{hay} \quad \frac{p_{1abs} V_1}{T_1} = \frac{p_{2abs} V_2}{T_2} \quad (1-10)$$

Khối lượng không khí m được tính theo công thức sau :

$$m = V \cdot \rho \quad [\text{kg}]$$

$$\text{hay} \quad V = \frac{m}{\rho} \quad (1-11)$$

Thay phương trình (1-11) vào phương trình (1-3), ta có :

$$\frac{m}{\rho_1} : \frac{m}{\rho_2} = p_{2abs} : p_{1abs}$$

Như vậy sự phụ thuộc khối lượng riêng ρ và áp suất p, khi nhiệt độ T không thay đổi được viết như sau:

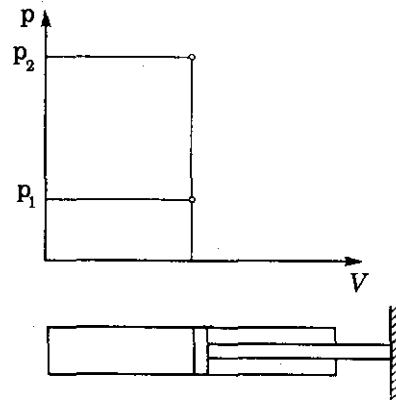
$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{p_{2abs}}{p_{1abs}} \quad (1-12)$$

Sự phụ thuộc khối lượng riêng ρ và nhiệt độ T, khi áp suất p không thay đổi, từ phương trình (1-5), ta viết được như sau :

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{T_1}{T_2} \quad (1-13)$$

Sự phụ thuộc khối lượng riêng ρ vào cả 3 đại lượng thay đổi áp suất p, nhiệt độ T và thể tích V theo phương trình (1-10), ta viết được như sau :

$$\rho_2 = \frac{T_1 \cdot p_{2abs} \cdot \rho_1}{T_2 \cdot p_{1abs}} \quad (1-14)$$



Hình 1.6 Sự thay đổi áp suất khi thể tích là hằng số.

$$p_1 \cdot v_1^\kappa = p_2 \cdot v_2^\kappa = \text{hằng số} \quad (1-19a)$$

Hoặc

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^\kappa = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (1-19b)$$

Diện tích mặt phẳng 1, 2, 5, 6 trong hình 1.7 tương ứng lượng nhiệt giãn nở cho khối lượng khí 1 kg và có giá trị :

$$W = \frac{p_1 \cdot v_1}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\kappa-1} \right] \quad (1-20a)$$

$$W = \frac{p_1 \cdot v_1}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \quad (1-20b)$$

$$W = \frac{p_1 \cdot v_1}{\kappa - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \quad (1-20c)$$

Công kĩ thuật W_t là công cần thiết để nén lượng không khí (ví dụ *trong máy nén khí*) hoặc là công thực hiện khi áp suất khí giãn nở. Diện tích mặt phẳng 1, 2, 3, 4 ở hình 1.7 là công thực hiện để nén hay công thực hiện khi áp suất khí giãn nở cho 1 kg không khí, có giá trị :

$$W_t = \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_1 \cdot v_1 \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\kappa-1} \right] \quad (1-21a)$$

$$W_t = \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_1 \cdot v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \quad (1-21b)$$

Trong thực tế không thể thực hiện được quá trình *đẳng nhiệt* cũng như quá trình *đoạn nhiệt*. Quá trình xảy ra thường nằm trong khoảng giữa quá trình đẳng nhiệt và quá trình đoạn nhiệt, gọi là *quá trình đa biến* và có phương trình :

$$p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n = \text{hằng số} \quad (1-22a)$$

hoặc

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^n = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} \quad (1-22b)$$

Quá trình đẳng nhiệt	$n = 1$
Quá trình đẳng áp	$n = 0$
Quá trình đoạn nhiệt	$n = \kappa$
Quá trình đẳng thể tích	$n = \infty$

e) Ví dụ ứng dụng

Lưu lượng hút của một máy nén khí là $V_n = 2,5 \text{ m}^3/\text{phút}$. (Không khí hút vào là tiêu chuẩn : $T_n = 273\text{K}$, $p_n = 1,013 \text{ bar}$). Phải cần thời gian bao lâu để làm đầy bình chứa với thể tích $V = 1\text{m}^3$, có áp suất $p = 6 \text{ bar}$ và nhiệt độ khí nén trong bình chứa $T = 298 \text{ K}$?

Bởi vì nhiệt độ T , áp suất p và thể tích V ở trạng thái ban đầu và trạng thái cuối của quá trình nén khác nhau, cho nên dựa vào phương trình (1-10) để xác định thể tích của bình chứa, chứa khí ở trạng thái ban đầu :

$$\frac{p_{n \text{ abs}} \cdot V_n'}{T_n} = \frac{p_{\text{abs}} \cdot V}{T} \quad (1-23)$$

Trong đó:

$p_{n \text{ abs}}$ áp suất khí quyển tiêu chuẩn (1,013 bar)

T_n nhiệt độ khí quyển tiêu chuẩn (273 K)

V_n' thể tích khí cần thiết phải hút (m^3)

V thể tích bình chứa (m^3)

T nhiệt độ trong bình chứa (298 K)

Từ phương trình (1-23), ta có :

$$V_n' = \frac{(p + 1,013) \cdot V \cdot T_n}{p_n \cdot T} [\text{m}^3]$$

$$V_n' = \frac{7,013 \cdot 273}{1,013 \cdot 298} [\text{m}^3]$$

$$V_n' = 6,34 \text{ m}^3$$

Thời gian cần thiết để làm đầy bình chứa :

$$t = \frac{V_n'}{V_n} \quad [\text{phút}]$$

$$t = \frac{6,34}{2,5} = 2,54 \quad [\text{phút}]$$

3. Độ ẩm không khí

Khí quyển là khí hỗn hợp của hơi nước và không khí. Theo định luật *Dalton*, áp suất toàn phần của khí hỗn hợp là tổng của các áp suất riêng phần.

Khi nước được dẫn vào một không gian kín có chứa không khí, nước sẽ bốc hơi cho đến chừng nào hơi nước đạt được áp suất bão hòa p'_w , áp suất p của khí hỗn hợp trong không gian kín đó, theo *Dalton* là :

$$p = p_{\text{không khí}} + p'_w \quad (1-24)$$

Trong đó:

p áp suất toàn phần (khí hỗn hợp : hơi nước và không khí)
 $p_{\text{không khí}}$ áp suất riêng phần (áp suất của không khí khô)
 p'_u áp suất riêng phần (áp suất của hơi nước bão hòa)

Lượng nước bốc hơi cần thiết (x'_w) để đạt được áp suất bão hòa (p'_w) chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ không khí và lượng không khí, chứ không phụ thuộc vào áp suất của không khí.

Lượng hơi nước chứa nhiều nhất trong 1 kg không khí gọi là **lượng ẩm bão hòa** x' [g/kg].

Lượng hơi nước thực tế chứa trong 1 kg không khí (ở cùng nhiệt độ) gọi là **lượng ẩm tuyệt đối** x [g/kg].

Độ ẩm tương đối không khí được biểu thị dưới dạng % của tỉ số lượng ẩm tuyệt đối và lượng ẩm bão hòa.

$$\text{Độ ẩm tương đối } \varphi = \frac{\text{Lượng ẩm tuyệt đối } x \text{ [g/kg]}}{\text{Lượng ẩm bão hòa } x' \text{ [g/kg]}} \cdot 100\% \quad (1-25)$$

Trong **bảng 1.8** cho ta biết được lượng hơi nước chứa nhiều nhất (lượng ẩm bão hòa) trong 1 kg không khí ở những nhiệt độ khác nhau.

Bảng 1.8

Nhiệt độ [°C]	-18	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90	100
Lượng ẩm bão hòa x' [g/kg]	0,78	1,62	3,82	5,47	7,73	10,78	14,88	27,55	87,52	152,75	409,16	409,21

Điểm hóa sương là điểm mà tại đó lượng hơi nước trong không khí đạt bão hòa.

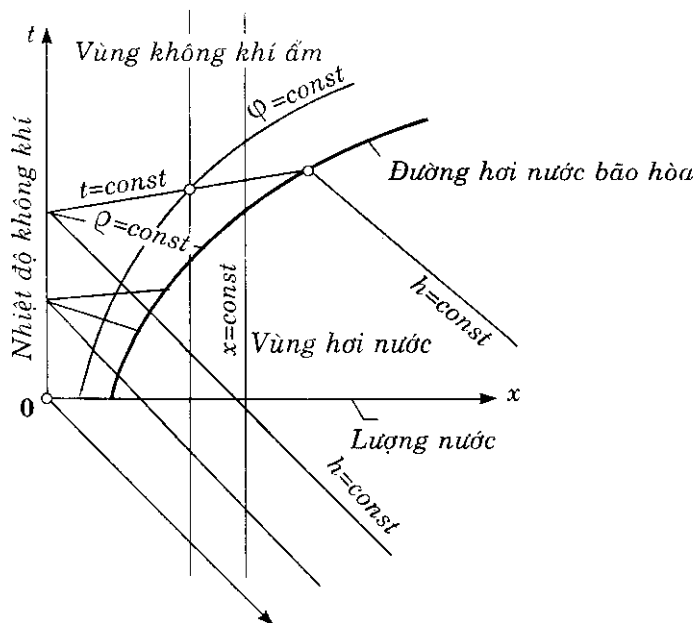
Nhiệt độ hóa sương là nhiệt độ cần thiết để lượng hơi nước trong không khí đạt được bão hòa. Khi nhiệt độ làm lạnh nhỏ hơn nhiệt độ điểm hóa sương, thì quá trình ngưng tụ nước sẽ được thực hiện.

Áp suất điểm hóa sương là áp suất ở tại nhiệt độ điểm hóa sương.

a) **Biểu đồ h - x cho không khí ẩm**

Trong lĩnh vực điều khiển bằng khí nén, vấn đề xử lí khí nén đóng vai trò quan trọng (xem những chương tiếp theo). Quá trình nung nóng, sấy khô và làm lạnh không khí ở trong các thiết bị làm lạnh sẽ làm thay đổi giá trị các đại lượng như lượng hơi nước chứa trong không khí, độ ẩm tương đối... Mối quan hệ giữa các đại lượng đó được thể hiện trong **biểu đồ Mollier h - x**.

Cấu trúc của **biểu đồ Mollier** được thể hiện đơn giản theo **hình 1.8**.

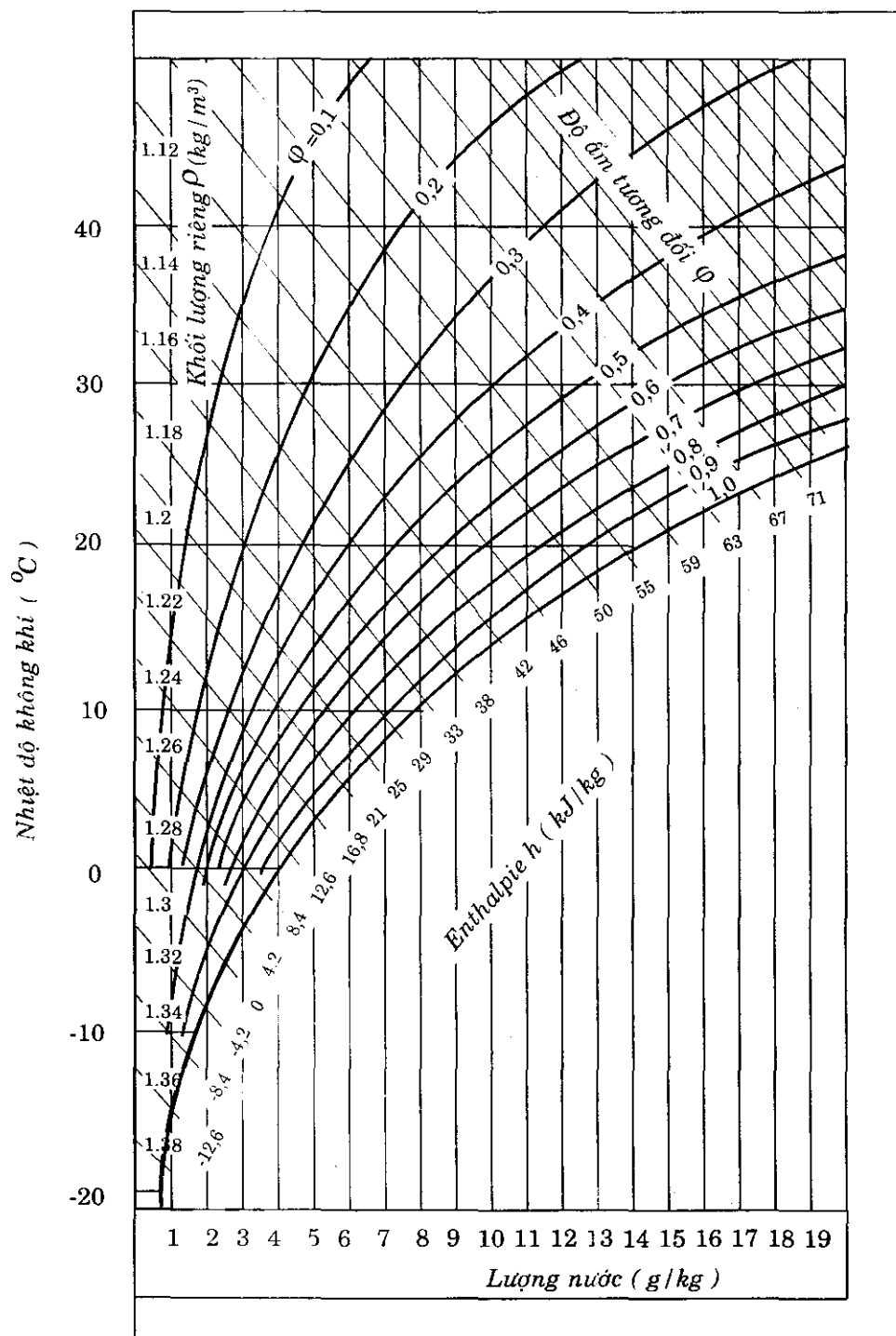


Hình 1.8 Cấu trúc của biểu đồ Mollier

Trong biểu đồ biểu diễn 2 trục tọa độ : nhiệt độ không khí t [$^{\circ}\text{C}$], và lượng hơi nước x [g/kg]. Những đại lượng tiếp theo được biểu diễn là khối lượng riêng ρ [kg/m³], độ ẩm tương đối φ và Enthalpie h [kJ/kg]. Những đường thẳng $t = \text{const}$ - biểu diễn nhiệt độ hằng số, $\rho = \text{const}$ - khối lượng riêng hằng số, $h = \text{const}$ - Enthalpie hằng số, $x = \text{const}$ - lượng hơi nước không đổi. Đường cong $\varphi = \text{const}$ - độ ẩm tương đối không thay đổi. Đường giới hạn khả năng hút ẩm của không khí là đường hơi nước bão hòa (độ ẩm tương đối $\varphi = 1$). Vùng phía trên đường hơi nước bão hòa là không khí, vùng phía dưới đường hơi nước bão hòa là vùng hơi nước.

Hình 1.9 là biểu đồ Mollier $h - x$. Từ hai đại lượng trạng thái khí cho biết, theo biểu đồ ở hình 1.9, có thể biết được các đại lượng trạng thái khác của không khí.

Trong vấn đề xử lý áp suất khí nén cho hệ thống điều khiển bằng khí nén ở trong chương II, sẽ đề cập đến các phương pháp sấy khô khí nén bằng chất làm lạnh và bằng hấp thụ. Để hiểu rõ các nguyên tắc hoạt động đó, phần tiếp theo sẽ trình bày cơ bản sự thay đổi các đại lượng trạng thái của không khí.

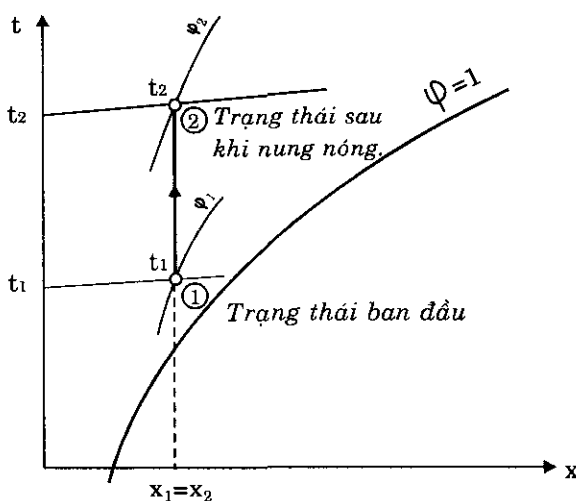


Hình 1.9 Biểu đồ $h-x$ cho không khí ẩm

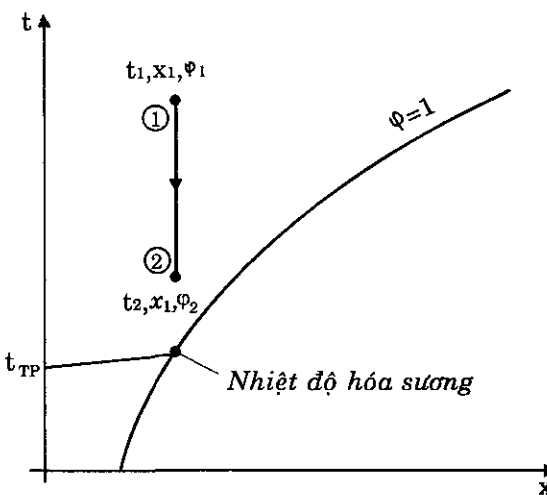
b) Quá trình nung nóng

Không khí ẩm với lượng hơi nước không thay đổi (lượng hơi nước x = hằng số) sẽ được truyền vào một lượng nhiệt Q (hình 1.10). Quá trình thay đổi trạng thái trong biểu đồ $h - x$ là đường thẳng đứng từ trạng thái ban đầu 1 đến trạng thái sau khi được nung nóng là 2.

Nhiệt độ thay đổi từ t_1 sang nhiệt độ t_2 . Độ ẩm tương đối φ_1 chuyển sang φ_2 . Lượng hơi nước $x_1 = x_2$ = không đổi.



Hình 1.10 Quá trình nung nóng



Hình 1.11 Quá trình làm lạnh

c) Quá trình làm lạnh

Không khí ẩm với lượng hơi nước không thay đổi (lượng hơi nước x = hằng số) sẽ được làm lạnh (hình 1.11). Quá trình thay đổi trạng thái trong biểu đồ $h - x$ là đường thẳng đứng từ trạng thái ban đầu 1 đến trạng thái sau khi được làm lạnh là 2.

Nhiệt độ thay đổi từ t_1 sang nhiệt độ t_2 . Độ ẩm tương đối φ_1 chuyển sang φ_2 .

Lượng hơi nước $x_1 = x_2$ = không đổi.

Đường thẳng 1-2 kéo dài cắt đường cong bão hòa $\varphi = 1$ tại một điểm, điểm đó là điểm sương, nhiệt độ tương ứng gọi là nhiệt độ hóa sương t_{TP} . Nhiệt độ làm lạnh $t_2 > t_{TP}$, quá trình làm lạnh không được khử ẩm (lượng hơi nước không ngưng tụ).

d) Quá trình làm lạnh có ngưng tụ nước

Quá trình làm lạnh có ngưng tụ nước (hình 1.12)

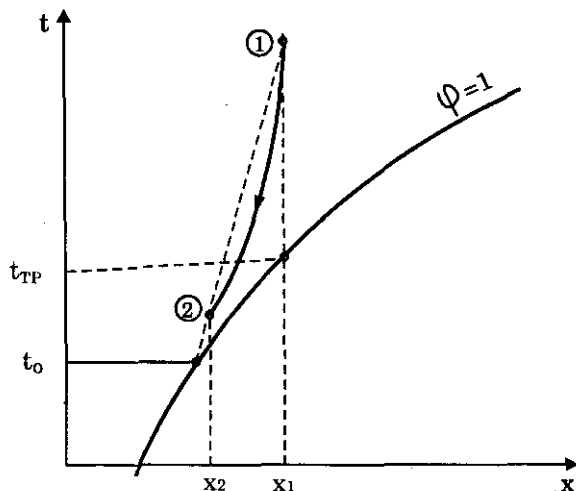
Từ trạng thái 1, không khí ẩm được làm lạnh đến trạng thái 2.

Điểm cắt của đường thẳng nối điểm 1 và điểm 2 với đường hơi nước bão hòa $\varphi = 1$ là t_o , gọi là *nhệt độ làm lạnh của bề mặt* (nhiệt độ làm lạnh thấp nhất).

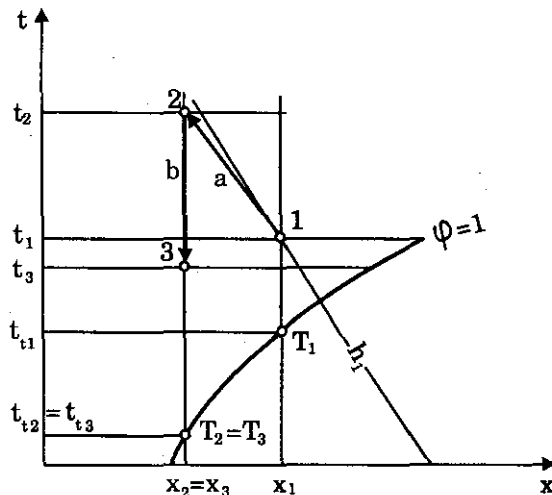
Trong hình 1.12 nhiệt độ làm lạnh $t_2 < t_{tp}$ (*nhệt độ hóa sương*).

Cho nên trong quá trình làm lạnh, lượng hơi nước sẽ được ngưng tụ :

$$\Delta x = x_1 - x_2$$



Hình 1.12 Quá trình làm lạnh có ngưng tụ nước



Hình 1.13 Quá trình khử ẩm và làm lạnh.

d) Quá trình khử ẩm và làm lạnh

Trong quá trình khử ẩm (ví dụ sấy khô bằng hấp thụ) tương ứng đường thẳng a (hình 1.13), ở trạng thái 1 tương ứng lượng nước x_1 và nhiệt độ t_1 sẽ tăng lên lượng nước x_2 và nhiệt độ t_2 ở trạng thái 2.

Trong quá trình khử ẩm này $enthalpie$ $h_1 =$ không đổi. Độ ẩm tương đối ϕ_1 sẽ giảm xuống ϕ_2 . Sau đó khí sẽ được làm lạnh từ trạng thái 2 đến trạng thái 3.

Như vậy trạng thái cuối cùng của quá trình khử ẩm và làm lạnh là trạng thái 3 tương ứng độ ẩm tương đối ϕ_3 và lượng hơi nước ngưng tụ :

$$\Delta x = x_1 - x_2$$

e) Quá trình làm lạnh và nung nóng

Quá trình làm lạnh khí từ nhiệt độ t_1 , tương ứng nhiệt độ điểm sương t_{t1} đến trạng thái 2 tương ứng nhiệt độ t_2 (hình 1.14)

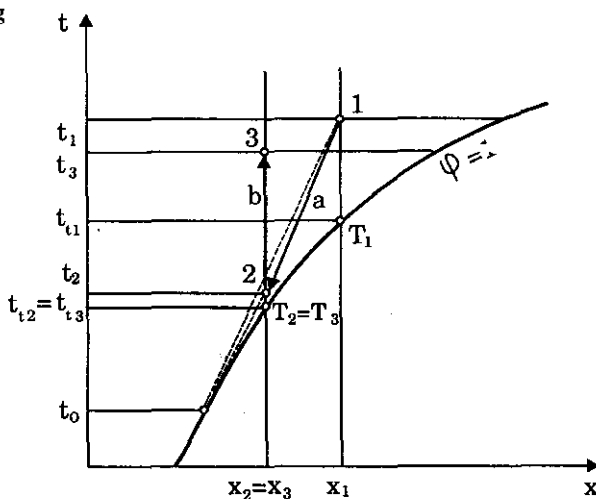
Quá trình này lượng hơi nước sẽ được ngưng tụ :

$$\Delta x = x_1 - x_2$$

Sau đó khí sẽ được nung nóng lên nhiệt độ t_3 . Quá trình thay đổi trực tiếp từ trạng thái 1 sang trạng thái 3 không thể thực hiện được.

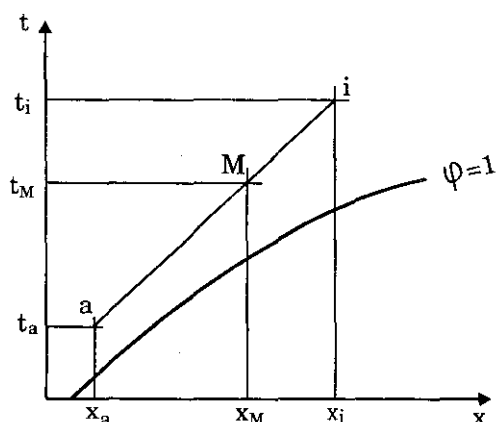
g) Quá trình trộn lẫn

Hai lượng khí có khối lượng



Hình 1.14 Quá trình làm lạnh và nung nóng.

m_1 và m_2 trộn lẫn nhau (hình 1.15). Khối lượng khí m_1 ở trạng thái a tương ứng nhiệt độ t_a và khối lượng khí m_2 ở trạng thái i tương ứng nhiệt độ t_i .



Hình 1.15 Quá trình trộn lẫn.

Trong quá trình trộn lẫn, không có nhiệt lượng đưa vào hoặc thải ra, đồng thời lượng hơi nước x_1 và x_1 không thay đổi. Quá trình trộn lẫn sẽ là đường thẳng nối 2 điểm a và i . Điểm trộn lẫn M sẽ nằm trên đường thẳng $a - i$ và vị trí điểm M phụ thuộc vào tỉ lệ lượng khí của 2 loại khí. Ví dụ m_2 có lượng khí nhiều hơn, thì điểm M sẽ nằm gần điểm i hơn.

h) Ví dụ ứng dụng

Máy nén khí hút lượng không khí $V_1 = 5 \text{ m}^3$, nhiệt độ $T_1 = 303 \text{ K}$, áp suất $p_1 = 760 \text{ Torr}$, và có độ ẩm tương đối $\phi = 0,75$. Lượng nước ngưng tụ m_k là bao nhiêu, khi áp suất nén trong bình chứa đạt được là $p_2 = 6 \text{ bar}$ và được làm nguội ở nhiệt độ $T_2 = 293 \text{ K}$?

Từ phương trình (1-11) :

$$m_1 = V_1 \cdot \rho_1$$

ta xác định lượng hơi nước x_{1w} chứa trong thể tích V_1 của không khí :

$$x_{1w} = \phi_1 \cdot x'_{1w} \cdot m_1 \quad [\text{g}]$$

$$x_{1w} = \phi_1 \cdot x'_{1w} \cdot V_1 \cdot \rho_1 \quad [\text{g}]$$

Qua quá trình nén, thể tích của không khí sẽ nhỏ đi, độ ẩm tương đối sẽ tăng lên $\phi_2 = 1$. Từ đó trong bình chứa sẽ có lượng nước ngưng tụ x_k . Lượng nước ngưng tụ m_k sẽ là hiệu số của lượng hơi nước x_{1w} của không khí được hút vào với thể tích V_1 và lượng hơi nước bão hòa x_{2w} chứa trong thể tích không khí bị nén V_2 ($\phi_2 = 1$).

Lượng nước ngưng tụ :

$$x_k = x_{1w} - x_{2w} \quad [\text{g}] \quad (1-26)$$

$$x_k = \phi_1 \cdot x'_{1w} \cdot V_1 \cdot \rho_1 - \phi_2 \cdot x'_{2w} \cdot V_2 \cdot \rho_2 \quad [\text{g}] \quad (1-26a)$$

Khi x_k có giá trị âm, tức là không có lượng nước ngưng tụ.

Thể tích nén V_2 xác định được theo phương trình (1-10) :

$$V_2 = \frac{p_{1\text{abs}} \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot p_{2\text{abs}}} \quad [\text{m}^3]$$

Thay V_2 vào phương trình (1-26a), ta có :

$$x_k = V_1 \cdot \left\{ \varphi_1 \cdot x'_{1w} \cdot \rho_1 - \varphi_2 \cdot x'_{2w} \cdot \frac{p_{1\text{abs}} \cdot T_2}{p_{2\text{abs}} \cdot T_1} \cdot \rho_2 \right\} \quad [\text{g}] \quad (1-27)$$

Giá trị lượng ẩm bão hòa x'_{1w} ở nhiệt độ $T_1 = 303 \text{ K}$ và x'_{2w} ở nhiệt độ $T_2 = 293 \text{ K}$ tra theo *bảng 1.8* hoặc theo biểu đồ *hình 1.9*.

$$\begin{aligned} x'_{1w} &= 27,55 & [\text{g/kg}] \\ x'_{2w} &= 14,88 & [\text{g/kg}] \\ p_{1\text{abs}} &= 760 \text{ Torr} = 1,013 & [\text{bar}] \\ p_{2\text{abs}} &= p_2 + 1,013 = 7,013 & [\text{bar}] \\ \rho_1 &= 1,16 & [\text{kg/m}^3] \text{ ở nhiệt độ } T_1 \\ \rho_2 &= 1,2 & [\text{kg/m}^3] \text{ ở nhiệt độ } T_2. \end{aligned}$$

Lượng nước ngưng tụ :

$$x_k = 5 \cdot \left\{ 0,75 \cdot 27,55 \cdot 1,16 - 14,88 \cdot \frac{1,013 \cdot 293}{303 \cdot 7,013} \cdot 1,2 \right\} = +105,5 \text{ [g]}$$

Sau khi nén và làm nguội, lượng nước ngưng tụ là $x_k = 105,5 \text{ g}$

4. Phương trình dòng chảy

a) Phương trình dòng chảy liên tục

Lưu lượng khí nén chảy trong đường ống từ vị trí 1 đến vị trí 2 là không đổi (*hình 1.16*), ta có phương trình dòng chảy như sau :

$$Q_{v1} = Q_{v2} \quad (1-28)$$

$$w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2 = \text{hằng số} \quad (1-28a)$$

Trong đó :

Q_{v1}, Q_{v2} Lưu lượng dòng chảy tại vị trí 1 và vị trí 2 $[\text{m}^3/\text{s}]$

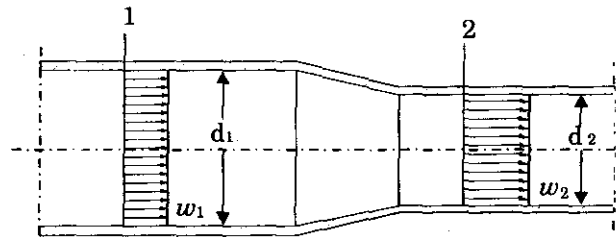
w_1 Vận tốc dòng chảy tại vị trí 1. $[\text{m/s}]$

w_2 Vận tốc dòng chảy tại vị trí 2. $[\text{m/s}]$

A_1 Tiết diện chảy tại vị trí 1 $[\text{m}^2]$

A_2 Tiết diện chảy tại vị trí 2 $[\text{m}^2]$

Nếu tiết diện chảy là hình tròn, ta viết được như sau :



Hình 1.16 Dòng chảy liên tục.

$$w_1 \cdot \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = w_2 \cdot \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \quad (1-29)$$

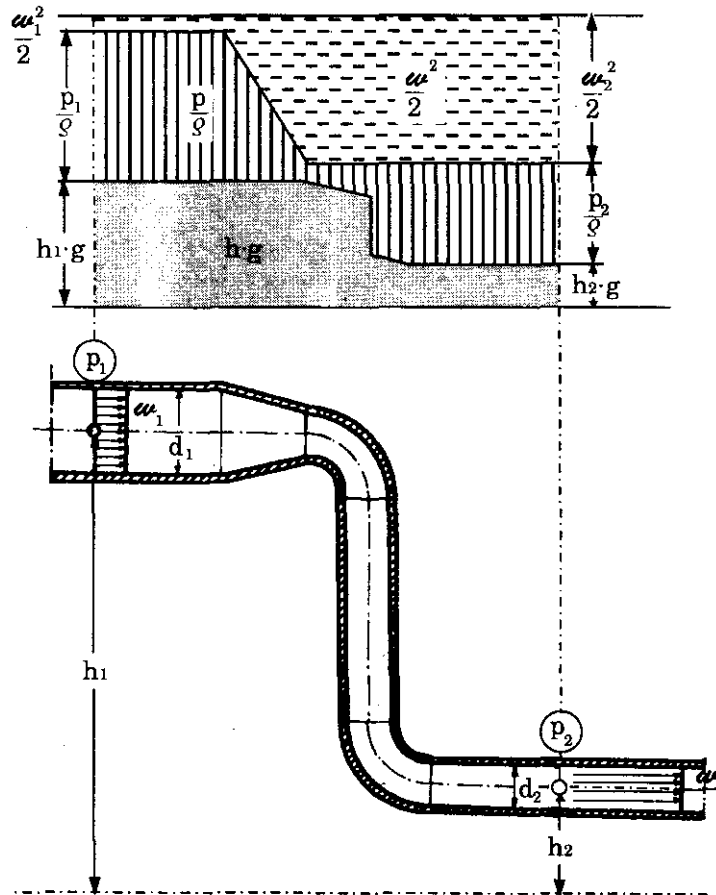
Vận tốc dòng chảy tại vị trí 2 :

$$w_2 = w_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} \quad (1-30)$$

b) Phương trình Bernulli

Theo hình 1.17, phương trình *Bernulli* được viết như sau :

$$m \cdot \frac{w_1^2}{2} + m \cdot g \cdot h_1 + m \cdot \frac{p_1}{\rho} = m \cdot \frac{w_2^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2 + m \cdot \frac{p_2}{\rho} \quad (1-31)$$



Hình 1.17 Xác định phương trình *Bernulli*

Trong đó :

$$m \cdot \frac{w^2}{2} \quad \text{Động năng}$$

$m.g.h$ Thế năng

$m \cdot \frac{p}{\rho} = V \cdot p$ Năng lượng áp suất

$g = 9,81 (m/s^2)$ Gia tốc trọng trường

ρ Khối lượng riêng của khí

p Áp suất tĩnh học

Phương trình (1-31) có thể viết lại được như sau :

$$\rho \cdot g \cdot h + p + w^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \text{không đổi} \quad (1-32)$$

Nếu chiều cao $h = 0$, thì phương trình (1-32) viết được như sau :

$$p + w^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \text{không đổi} \quad (1-33)$$

Trong đó : p gọi là áp suất tĩnh học

$w^2 \cdot \frac{\rho}{2}$ gọi là áp suất động học

Như vậy áp suất toàn bộ là tổng áp suất thành phần :

$$p_{ges} = p_{st} + p_{dyn} \quad (1-33a)$$

Trong đó :

p_{st} áp suất tĩnh học

p_{dyn} áp suất động học

p_{ges} áp suất toàn bộ

5. Lưu lượng khí nén qua khe hở

Để tính toán những thiết bị điều khiển bằng khí nén một cách dễ dàng, theo tài liệu [31] giả thiết như sau :

– Quá trình thực hiện trong hệ thống xảy ra chậm, như vậy thời gian trao đổi nhiệt được thực hiện. Quá trình xảy ra là quá trình đẳng nhiệt.

– Quá trình thực hiện trong hệ thống xảy ra nhanh, như vậy thời gian trao đổi nhiệt không được thực hiện. Quá trình xảy ra là quá trình đoạn nhiệt.

Lưu lượng khối lượng khí q qua khe hở theo [34] được tính như sau :

$$q_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_1 \cdot \Delta p} \quad [\text{kg/s}] \quad (1-34)$$

hoặc

$$q_v = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_1}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (1-34a)$$

Trong đó:

α Hệ số lưu lượng

ε Hệ số giãn nở

A_1 Diện tích mặt cắt của khe hở (hình 1.18)

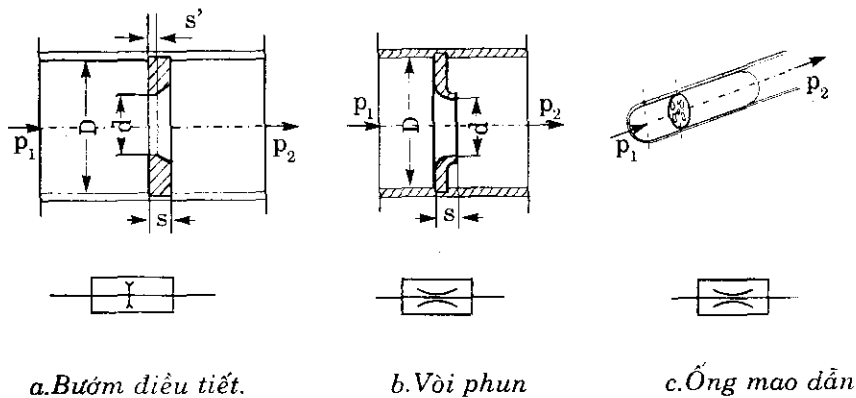
$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [\text{m}^2]$$

$\Delta p = (p_1 - p_2)$ Áp suất trước và sau khe hở $[\text{N/m}^2]$

ρ_1 Khối lượng riêng của không khí $[\text{kg/m}^3]$

Hệ số lưu lượng α phụ thuộc vào dạng hình học của khe hở (hệ số co rút μ) và hệ số vận tốc φ :

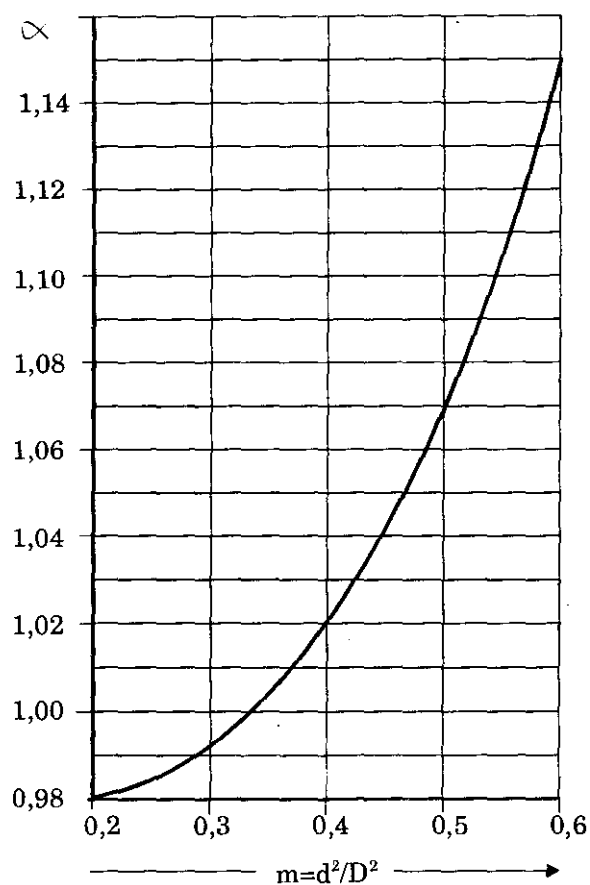
$$\alpha = \mu \cdot \varphi \quad (1-35)$$



Hình 1.18 Hệ số lưu lượng phụ thuộc vào dạng hình học của khe hở.

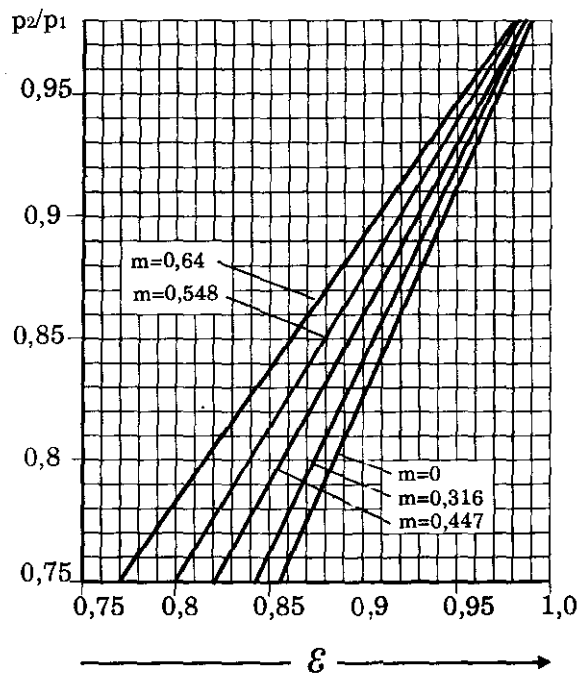
Trong hình 1.19 biểu diễn mối quan hệ của hệ số lưu lượng α và tỉ số $m = d^2/D^2$ của vòi phun theo DIN 1953 (Tiêu chuẩn Cộng hòa Liên bang Đức).

Trong hình 1.20 biểu diễn mối quan hệ của hệ số giãn nở ε , tỉ số áp suất sau và trước khe hở p_2/p_1 và tỉ số $m = d^2/D^2$ của vòi phun.

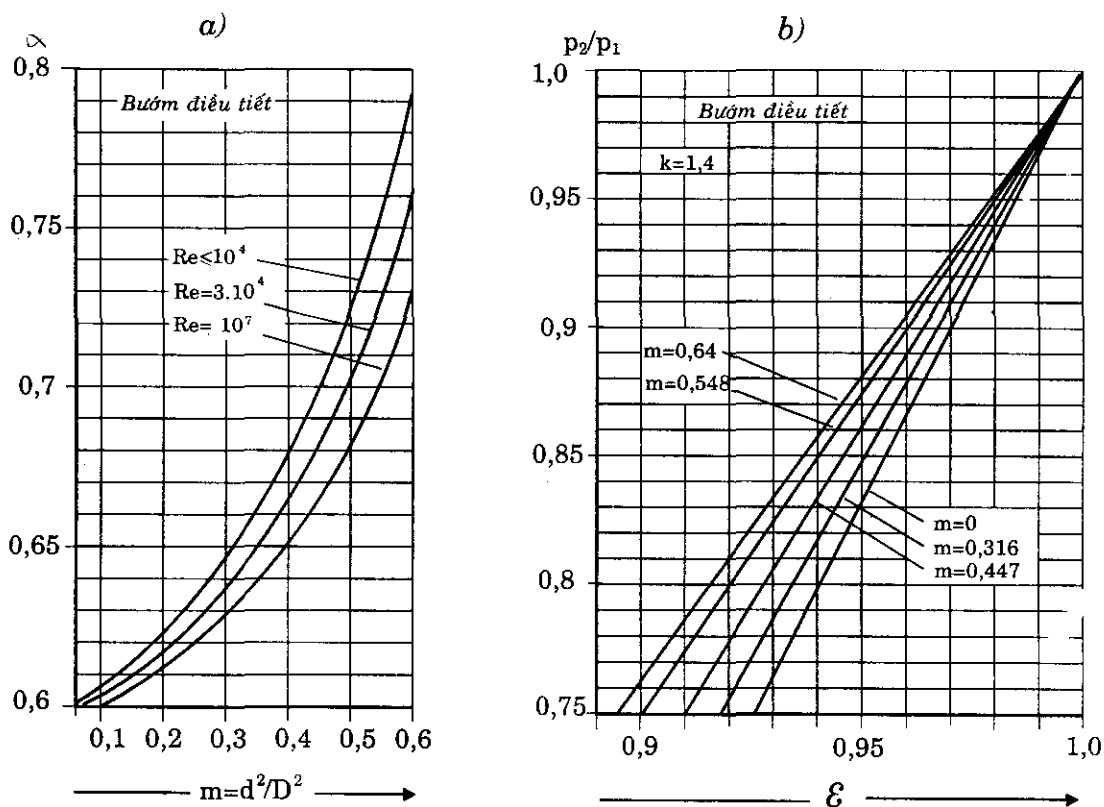


Hình 1.19 Hệ số lưu lượng α của vòi phun

Hình 1.21a biểu diễn sự phụ thuộc hệ số lưu lượng α và ảnh hưởng của số Reynold Re của bướm điều tiết. Trong hệ thống điều khiển bằng khí nén, số $Re = 2230$ là giới hạn giữa dòng chảy tầng và dòng chảy rối.



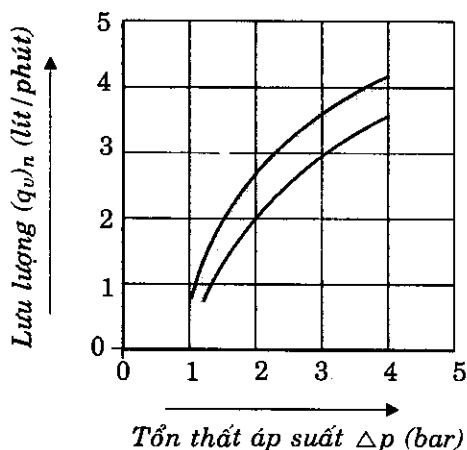
Hình 1.20 Hệ số giãn nở ϵ của vòi phun.



Hình 1.21 Sự phụ thuộc hệ số lưu lượng ξ và ảnh hưởng số Reynold Re của bướm điều tiết.

Theo hình 1.21b hệ số giãn nở ϵ của bướm điều tiết ở trạng thái đoạn nhiệt $k = 1,4$.

Lưu lượng khí nén trong ống dẫn q_v (m^3/s) hay q_m (kg/s) theo phương trình (1-34) hay phương trình (1-34a) phụ thuộc vào tổn thất áp suất Δp (hình 1.22).



Hình 1.22 Sự phụ thuộc lưu lượng và tổn thất áp suất.

Đường đặc trưng ở hình 1.22 gọi là đường đặc trưng lưu lượng - tổn thất áp suất. Như vậy trường hợp đơn giản nhất là muốn thay đổi lưu lượng chỉ cần lắp vào ống dẫn một phần tử, ví dụ van chặn. Tuy nhiên khi Δp tăng thì q_v tăng, như vậy tổn thất áp suất trong ống sẽ tăng. Bởi vậy thường các hãng sản xuất những phần tử, như các loại van điều khiển, van chặn... có những danh mục về đường đặc trưng đó.

Ví dụ ứng dụng

Khí có áp suất $p_1 = 2,0$ bar và nhiệt độ $t_1 = 20^\circ C$ chảy qua bướm điều tiết có đường kính $\phi d = 1$ mm, áp suất sau bướm điều tiết $p_2 = 1,5$ bar, đường kính của ống dẫn khí

$\phi D = 4 \text{ mm}$ (NW4). Tính lưu lượng theo khối lượng q_m [kg/s] và lưu lượng theo thể tích khí ở trạng thái tiêu chuẩn $(q_v)_n$ [m³/h] ?

Theo phương trình (1-34), ta có :

$$q_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_1 \cdot \Delta p} \quad [\text{kg/s}]$$

- Bởi vì tổn thất áp suất $\Delta p = p_1 - p_2 = 0,5 \text{ bar}$, có giá trị nhỏ, số $Re \leq 10^4$, cho nên dòng chảy tầng.

$$\text{Tỉ số } m = d^2 : D^2 = 1 : 16 = 0,06.$$

Từ đó theo hình 1.21a, ta có :

$$\alpha = 0,6$$

- Hệ số giãn nở ε tra ở hình 1.21b theo những thông số sau :

$$m = d^2 : D^2 = 0,06 \quad \text{ta chọn } m = 0$$

$$p_2 : p_1 = 1,5 : 2,0 = 0,75$$

Từ đó theo hình 1.21b, ta có :

$$\varepsilon = 0,925$$

- Diện tích của khe hở :

$$A_1 = 0,25 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \pi = 7,85 \cdot 10^{-7} \quad [\text{m}^2]$$

- Hiệu áp suất trước và sau khe hở :

$$\Delta p = 2,0 - 1,5 = 0,5 \text{ bar} = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad [\text{N/m}^2]$$

- Khối lượng riêng của khí ở trạng thái tiêu chuẩn :

$$T_n = 273 \quad [\text{K}]$$

$$p_n = 1,013 \quad [\text{bar}]$$

$$\rho_n = 1,293 \quad [\text{kg/m}^3]$$

Theo phương trình (1-14), ta có :

$$\rho_1 = \frac{T \cdot (p_1 + 1,013) \cdot \rho_n}{293 \cdot 1,013} = \frac{273 \cdot 3,013 \cdot 1,293}{293 \cdot 1,013} = 3,58 \quad [\text{kg/m}^3]$$

Như vậy lưu lượng theo khối lượng :

$$q_m = 0,6 \cdot 0,925 \cdot 7,85 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{2 \cdot 3,58 \cdot 0,5 \cdot 10^5} = 2,7 \cdot 10^{-4} \quad [\text{kg/s}]$$

Lưu lượng theo thể tích khí ở trạng thái tiêu chuẩn $(q_v)_n$ [m³/h] :

$$(q_v)_n = \frac{q_m \cdot (\text{kg/s})}{\rho_n \cdot (\text{kg/m}^3)} = \frac{2,7 \cdot 10^{-4}}{1,293} = 2,1 \cdot 10^{-4} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\text{hay : } (q_v)_n = 2,1 \cdot 3600 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h} = 0,756 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

6. Tổn thất áp suất trong hệ thống điều khiển bằng khí nén

Tính toán chính xác tổn thất áp suất trong hệ thống điều khiển bằng khí nén là

vấn đề rất phức tạp. Trong tài liệu này chỉ giới hạn là vận tốc dòng chảy trong ống dẫn $w_{\max} = 25\text{m/s}$. Từ đó, tổn thất áp suất của hệ thống bao gồm :

- Tổn thất áp suất trong ống dẫn thẳng (Δp_R)
- Tổn thất áp suất trong tiết diện thay đổi (Δp_E)
- Tổn thất áp suất trong các loại van (Δp_V)

a) Tổn thất áp suất trong ống dẫn thẳng (Δp_R)

Tổn thất áp suất trong ống dẫn thẳng (Δp_R) theo [5] ta có :

$$\Delta p_R = \lambda \cdot \frac{1 \cdot \rho \cdot w^2}{2 \cdot d} \quad [\text{N/m}^2] \quad (1-36)$$

Trong đó :

l	$[m]$	Chiều dài ống dẫn
$\rho_n = 1,293$	$[kg/m^3]$	Khối lượng riêng của không khí ở trạng thái tiêu chuẩn
$\rho = \rho_n \cdot \frac{P_{abs}}{P_n}$	$[kg/m^3]$	Khối lượng riêng của không khí
$p_n = 1,013$	$[bar]$	Áp suất ở trạng thái tiêu chuẩn
w	$[m/s]$	Vận tốc của dòng chảy ($w = q_v/A$)
d	$[m]$	Đường kính ống dẫn
$\lambda = \frac{64}{Re}$		Hệ số ma sát ống, có giá trị cho ống trơn và dòng chảy tầng ($Re < 2230$).
$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}$		Số Reynold
$\nu_n = 13,28 \cdot 10^{-6}$	$[m^2/s]$	Độ nhớt động ở trạng thái tiêu chuẩn.

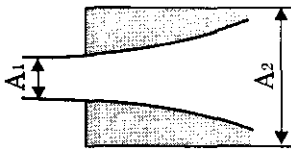
b) Tổn thất áp suất trong tiết diện thay đổi (Δp_E)

Trong hệ thống ống dẫn, ngoài ống dẫn thẳng còn có ống dẫn có tiết diện thay đổi, dòng khí phân nhánh hoặc hợp thành, hướng dòng thay đổi... Tổn thất áp suất trong những tiết diện đó được tính theo tài liệu [39] :

$$\Delta p_E = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (1-37)$$

Trong đó :

ζ Hệ số cản – phụ thuộc vào loại tiết diện ống dẫn, số Re .



- Khi tiết diện thay đổi đột ngột (hình 1.23). Tổn thất áp suất :

$$\Delta p_{EI} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \cdot \frac{\rho w_1^2}{2} \quad [\text{N/m}^2] \quad (1-38)$$

Hình 1.23 Tiết diện thay đổi. hoặc

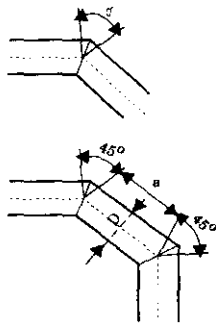
$$\Delta p_{EI} = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \cdot \frac{\rho w_2^2}{2} \quad [\text{N/m}^2] \quad (1-38a)$$

Trong đó : w_1 và w_2 là vận tốc chảy trung bình ở tiết diện A_1 và A_2 .

– Khi ống dẫn gây khúc (hình 1.24). Tổn thất áp suất :

$$\Delta p_{E2} = 0,5 \cdot \zeta \cdot \rho \cdot w^2 \quad [\text{N/m}^2] \quad (1-39)$$

Bảng 1.9



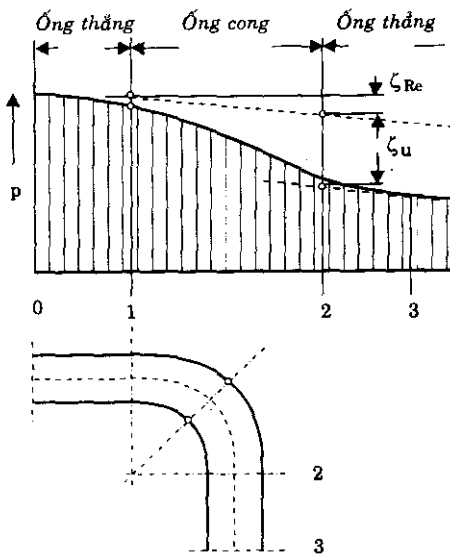
δ	15°	$22,5^\circ$	30°	45°	60°	90°
$\zeta_{\text{nhấn}}$	0,042	0,07	0,13	0,24	0,47	1,13
$\zeta_{\text{nhám}}$	0,062	0,15	0,17	0,32	0,68	1,27
a/D	0,71	0,943	0,150	3,72	6,28	∞
$\zeta_{\text{nhấn}}$	0,51	0,35	0,28	0,36	0,40	0,48
$\zeta_{\text{nhám}}$	0,51	0,415	0,38	0,46	0,44	0,64

Hình 1.24 Tiết diện gây khúc.

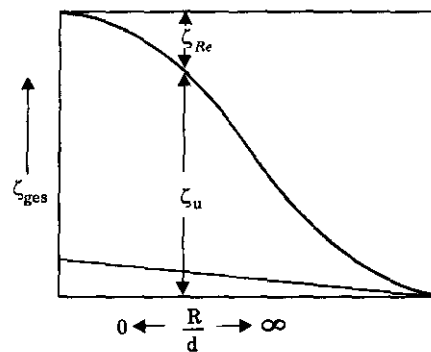
Trong đó hệ số ζ tra theo bảng 1.9. Hệ số cản ζ cũng phụ thuộc vào độ nhấn và độ nhám thành ống dẫn.

– Trong hệ thống có các đường ống dẫn bị uốn cong, tổn thất áp suất :

$$\Delta p_{E3} = \zeta_{\text{ges}} \cdot \frac{\rho}{2} w^2 \quad (1-40)$$



Hình 1.25 Tiết diện uốn cong.



Hình 1.26 Sự phụ thuộc hệ số cản ζ_u và tỉ số R/d

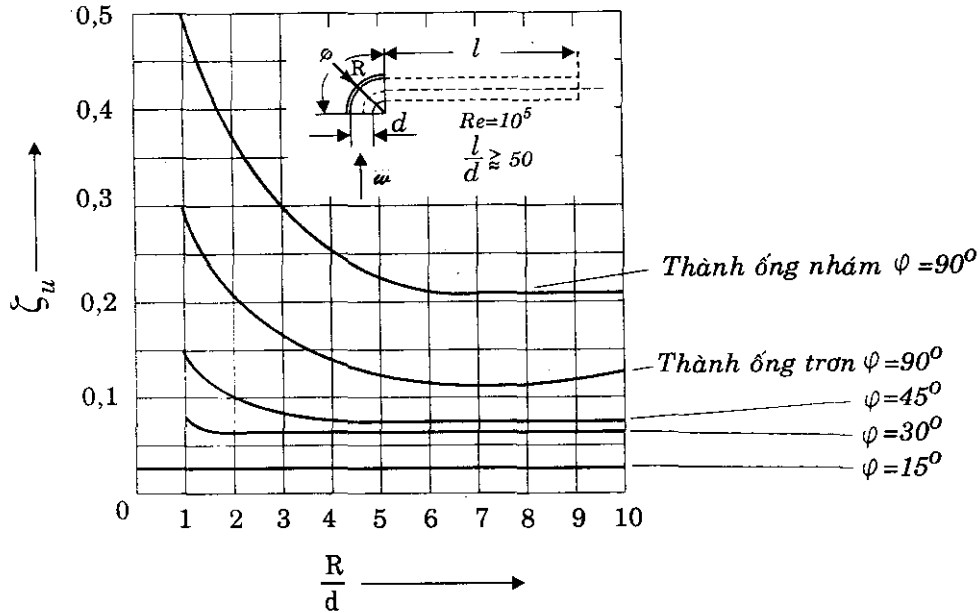
Trong đó hệ số cản ζ_{ges} bao gồm :

$$\zeta_{ges} = \zeta_u + \zeta_{Re} \quad (1-40a)$$

- ζ_u Hệ số cản do độ cong
 ζ_{Re} Hệ số cản do ảnh hưởng số Reynold
 (ma sát ống) (hình 1.25).

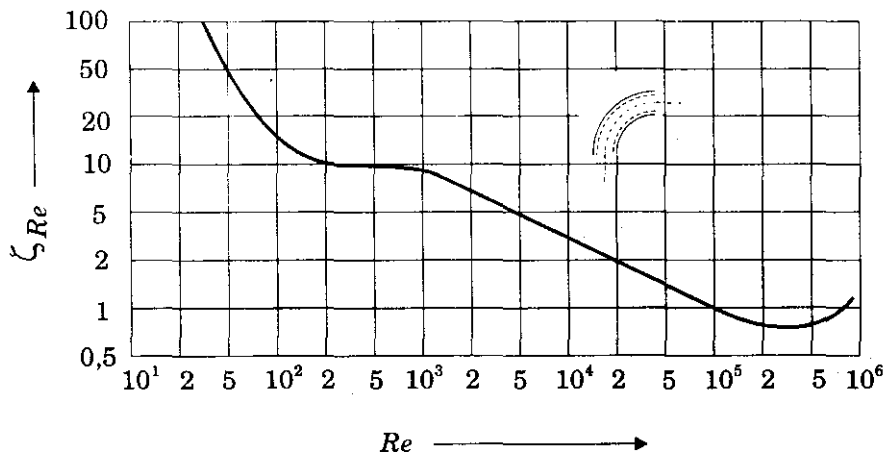
Sự thay đổi tỉ số R/d sẽ thay đổi tỉ lệ do hệ số cản ζ_u và hệ số cản do ảnh hưởng số Reynold (ma sát ống) ζ_{Re} (hình 1.26)

Hệ số cản ζ_u phụ thuộc vào góc uốn cong φ , tỉ số R/d và chất lượng bề mặt trong của ống (hình 1.27).



Hình 1.27 Hệ số cản ζ_u .

Hệ số cản do số Reynold (ma sát ống) ζ_{Re} phụ thuộc vào số Reynold (hình 1.28).



Hình 1.28 Hệ số cản do ảnh hưởng số Reynold (ma sát ống) ζ_{Re}

– **Tổn thất áp suất trong ống dẫn khi phân dòng** (hình 1.29)

Tổn thất áp suất trong ống phân nhánh :

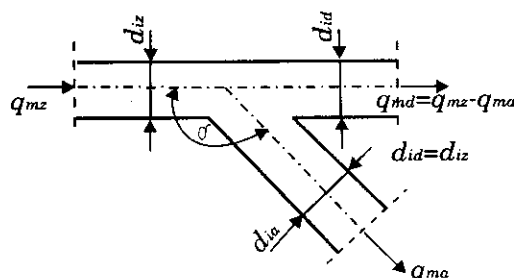
$$\Delta p_{Ea} = \zeta_a \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_z^2 \quad (1-41)$$

Tổn thất áp suất trong ống dẫn thẳng :

$$\Delta p_{Ed} = \zeta_d \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_z^2 \quad (1-41a)$$

Trong đó w_z là vận tốc trung bình trong ống dẫn chính.

Hệ số cản ζ_a và ζ_d của ống dẫn khí phân dòng phụ thuộc vào tỉ lệ d_{ia}/d_{iz} và tỉ lệ lưu lượng q_{ma}/q_{mz} (bảng 1.10)



Hình 1.29 Ống phân nhánh.

Bảng 1.10

		Góc rẽ nhánh δ								
		90°			120°			135°		
		Ống rẽ nhánh, hệ số cản ζ_a								
Tỉ lệ lưu lượng q_{ma}/q_{mz}	Tỉ số d_{ia}/d_{iz}									
	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	
0,2	0,79	0,84	1,00	0,71	0,75	0,88	0,68	0,72	0,83	
0,4	0,74	0,88	1,31	0,57	0,69	1,07	0,51	0,61	0,98	
0,6	0,81	1,05	1,89	0,53	0,75	1,53	0,43	0,64	1,40	
0,8	1,00	1,37	2,72	0,97	0,96	2,26	0,44	0,78	2,09	
1,0	1,30	1,82	3,81	0,75	1,27	3,26	0,54	1,06	3,05	
Tỉ lệ lưu lượng q_{ma}/q_{mz}		Ống dẫn thẳng, hệ số cản ζ_d								
		Tỉ số d_{ia}/d_{iz}								
		1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6
0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
0,6	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
0,8	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
1,0	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	

– **Tổn thất áp suất trong ống dẫn khi hợp dòng** (hình 1.30)

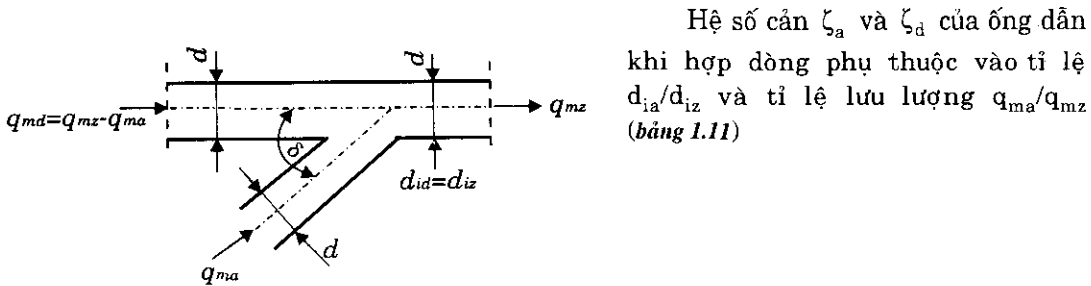
Tổn thất áp suất trong ống dẫn hợp dòng q_{ma} :

$$\Delta p_{Ea} = \zeta_a \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_z^2 \quad (1-42)$$

Tổn thất áp suất trong ống dẫn hợp dòng q_{md} :

$$\Delta p_{Ed} = \zeta_d \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_z^2 \quad (1-42a)$$

Trong đó w_z là vận tốc trung bình trong ống dẫn chính.



Hình 1.30 Ống hợp dòng.

Bảng 1.11

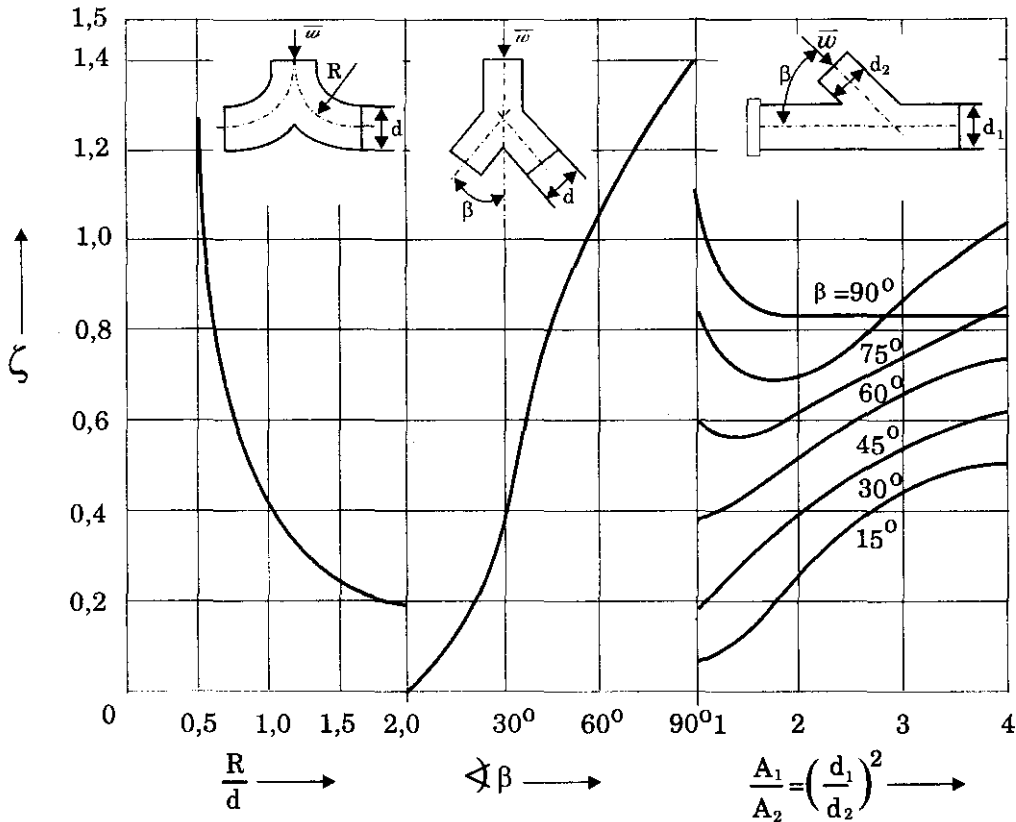
	Góc hợp dòng δ								
	45°			60°			90°		
Tỉ lệ lưu lượng q_{ma}/q_{mz}	Dòng hợp q_{ma} hệ số cản ζ_a								
	Tỉ số d_{ia}/d_{iz}								
	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6
0,2	-0,41	-0,31	-0,11	-0,40	-0,30	-0,09	-0,38	-0,28	-0,06
0,4	-0,03	0,22	0,94	0,00	0,27	0,99	0,10	0,37	1,11
0,6	0,22	0,69	2,22	0,31	0,79	2,33	0,52	1,03	2,61
0,8	0,35	1,09	3,73	0,51	1,27	3,93	0,89	1,69	4,43
1,0	0,35	1,43	5,47	0,60	1,70	5,80	1,20	2,35	6,57
Tỉ lệ lưu lượng q_{ma}/q_{mz}	Dòng hợp q_{md} hệ số cản ζ_d								
	Tỉ số d_{ia}/d_{iz}								
	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6
0,2	0,16	0,20	0,19	0,17	0,22	0,23	0,20	0,27	0,32
0,4	0,17	0,17	0,03	0,22	0,26	0,18	0,35	0,46	0,54
0,6	0,06	-0,04	-0,44	0,18	0,15	-0,10	0,47	0,60	0,71
0,8	-0,18	-0,44	-1,22	0,04	-0,11	-0,62	0,56	0,70	0,82
1,0	-0,53	-1,03	-2,32	-0,19	-0,51	-1,39	0,62	0,76	0,86

– Tổn thất áp suất trong ống phân nhánh (hình 1.31)

$$\Delta p_{E5} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (1-43)$$

Trong đó w là vận tốc trung bình trong ống dẫn chính.

Hệ số cản của những loại ống dẫn phân nhánh được minh họa ở hình 1.31.



Hình 1.31 Hệ số cản ζ ($Re > 10^3$)

c) Tổn thất áp suất trong các loại van (Δp_v)

Tổn thất áp suất trong các loại van Δp_v (trong các loại van đảo chiều, van áp suất, van tiết lưu...) tính theo :

$$\Delta p_v = \zeta_v \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (1-44)$$

Trong công nghiệp sản xuất các phần tử khí nén, hệ số cản ζ_v là đại lượng đặc trưng cho các van. Thay vì hệ số cản ζ , một số hãng chế tạo các phần tử điều khiển bằng khí nén sử dụng một đại lượng, gọi là hệ số lưu lượng k_v , là đại lượng được xác định bằng thực nghiệm. Hệ số lưu lượng k_v là lưu lượng chảy của nước [m³/h] qua van ở nhiệt độ $T = 278 - 303$ [K], với áp suất ban đầu là $p_1 = 6$ [bar], tổn thất áp suất $\Delta p_0 = 0,981$ [bar] và có giá trị, tính theo [35] :

$$k_v = \frac{q_v}{31,6} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (1-45)$$

Trong đó :

q_v [m³/h] Lưu lượng khí nén
 ρ [kg/m³] Khối lượng riêng không khí
 Δp [bar] Tổn thất áp suất qua van

Theo tài liệu [38], hệ số cản ζ_v tính được :

$$\zeta_v = \frac{2 \cdot g \cdot 10,18}{w^2} \cdot \left(\frac{q_v}{k_v} \right)^2 \quad (1-46)$$

Vận tốc dòng chảy w :

$$w = \frac{q_v}{A}$$

Thay w vào phương trình (1-46), ta có :

$$\zeta_v = \frac{2 \cdot g \cdot 10,18 \cdot q_v^2 \cdot \left(\frac{A}{10^6} \right)^2}{q_v^2 \cdot \left(\frac{k_v}{3600} \right)^2} \quad (1-47)$$

Trong đó :

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \text{ [mm}^2\text{]}, \text{ tiết diện dòng chảy.}$$

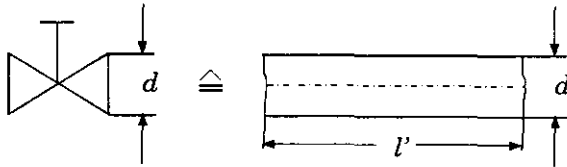
Thay tiết diện dòng chảy A vào phương trình (1-47), ta có hệ số cản của van :

$$\zeta_v = \frac{1}{626,3} \cdot \left(\frac{d^2}{k_v} \right) \quad (1-48)$$

Như vậy, nếu van có *thông số đặc trưng* k_v , đường kính ống nối d , thì ta xác định được *hệ số cản qua van* ζ_v .

d) Tổn thất áp suất tính theo chiều dài ống dẫn tương đương

Bởi vì tổn thất áp suất trong ống dẫn thẳng hay là tổn thất áp suất của ống dẫn có tiết diện thay đổi hoặc là tổn thất áp suất trong các loại van đều phụ thuộc vào hệ số $\frac{\rho}{2} \cdot w^2$, cho nên có thể tính tổn thất áp suất thành *chiều dài ống dẫn tương đương* (hình 1.32).



Hình 1.32 Chiều dài tương đương l'

$$\zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = \lambda \cdot \frac{l'}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

Từ đó, chiều dài ống dẫn tương đương :

$$l' = \frac{\zeta}{\lambda} d \quad (1-49)$$

Như vậy tổn thất áp suất của hệ thống ống dẫn là :

$$\Delta p_{ges} = \lambda \cdot \frac{\sum l + \sum l'}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (1-50)$$

CHƯƠNG II

MÁY NÉN KHÍ VÀ THIẾT BỊ XỬ LÝ KHÍ NÉN

I. MÁY NÉN KHÍ

Áp suất khí được tạo ra từ máy nén khí, ở đó năng lượng cơ học của động cơ điện hoặc của động cơ đốt trong được chuyển đổi thành năng lượng *khí nén* và *nhiệt năng*.

1. Nguyên tắc hoạt động và phân loại máy nén khí

a) Nguyên tắc hoạt động

– Nguyên lý thay đổi thể tích : không khí được dẫn vào buồng chứa, ở đó thể tích của buồng chứa sẽ nhỏ lại. Như vậy theo định luật *Boyle – Mariotte* áp suất trong buồng chứa sẽ tăng lên. Máy nén khí hoạt động theo nguyên lý này, ví dụ như máy nén khí kiểu pittông, bánh răng, cánh gạt.

– Nguyên lý động năng : không khí được dẫn vào buồng chứa, ở đó áp suất khí nén được tạo ra bằng động năng của bánh dẫn. Nguyên tắc hoạt động này tạo ra lưu lượng và công suất rất lớn. Máy nén khí hoạt động theo nguyên lý này, ví dụ như máy nén kiểu li tâm.

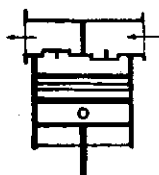
b) Phân loại

– Theo áp suất :

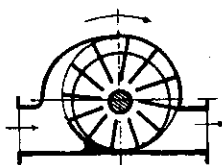
- + Máy nén khí áp suất thấp $p \leq 15 \text{ bar}$
- + Máy nén khí áp suất cao $p \geq 15 \text{ bar}$
- + Máy nén khí áp suất rất cao $p \geq 300 \text{ bar}$

– Theo nguyên lý hoạt động :

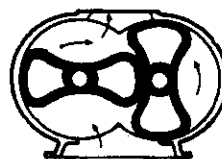
+ *Máy nén khí theo nguyên lý thay đổi thể tích* : máy nén khí kiểu pittông, máy nén khí kiểu cánh gạt, máy nén khí kiểu root, máy nén khí kiểu trục vít (hình 2.1a, hình 2.1b).



Máy nén khí kiểu
pittông

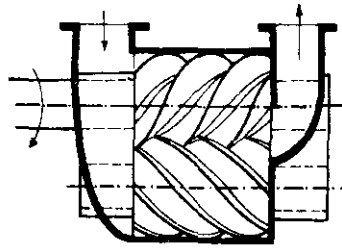


Máy nén khí kiểu
cánh gạt



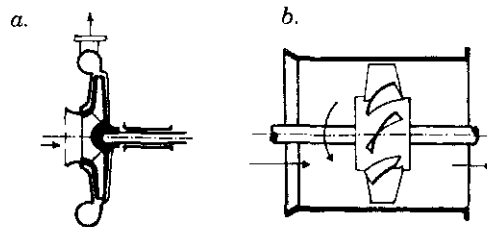
Máy nén khí kiểu root

Hình 2.1a Các loại máy nén khí



Hình 2.1b Máy nén khí kiểu trục vít

+ Máy nén khí tuabin : máy nén khí li tâm (hình 2.2a) và máy nén khí theo chiều trục (hình 2.2b).



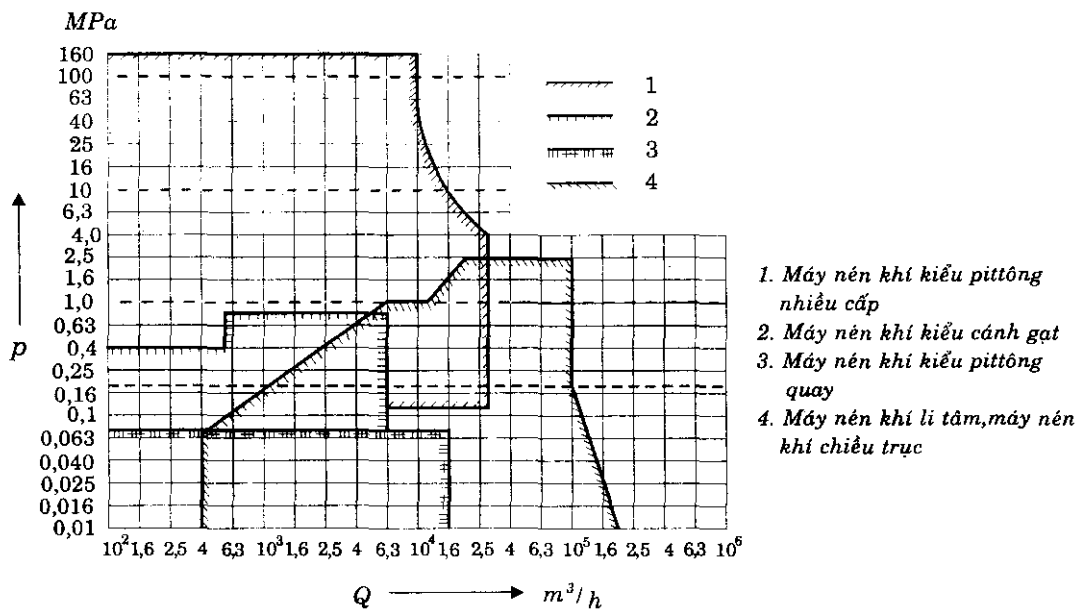
Hình 2.2 Máy nén khí tuabin

a. Máy nén khí li tâm

b. Máy nén khí chiều trục

c) Phạm vi ứng dụng của các loại máy nén khí

Thông số kĩ thuật để chọn máy nén khí là áp suất p và lưu lượng Q . Trong hình 2.3 biểu diễn phạm vi ứng dụng của một vài loại máy nén khí.

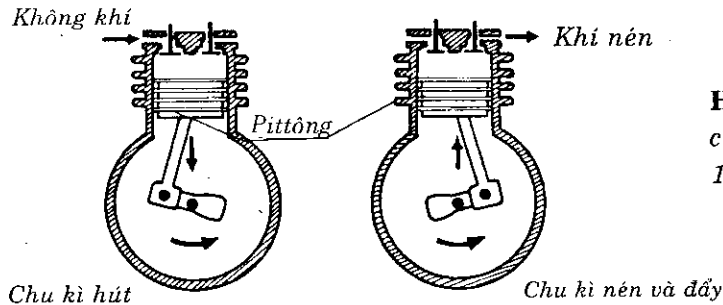


Hình 2.3 Phạm vi ứng dụng máy nén khí.

2. Máy nén khí kiểu pittông

a) Nguyên lí hoạt động

Nguyên lí hoạt động của máy nén kiểu pittông một cấp (hình 2.4)



Hình 2.4 Nguyên lí hoạt động của máy nén khí kiểu pittông 1 cấp.

Máy nén khí kiểu pittông một cấp có thể hút được lưu lượng đến $10 \text{ m}^3/\text{phút}$ và áp suất nén được là 6 bar , có thể trong một số trường hợp áp suất nén đến 10 bar . Máy nén khí kiểu pittông 2 cấp có thể nén đến áp suất 15 bar . Loại máy nén khí kiểu pittông 3, 4 cấp có thể nén áp suất đến 250 bar .

Loại máy nén khí một cấp và 2 cấp thích hợp cho hệ thống điều khiển bằng khí nén trong công nghiệp. Máy nén khí kiểu pittông được phân loại theo số cấp nén, loại truyền động và phương thức làm nguội khí nén. Ngoài ra người ta cũng phân loại theo vị trí của pittông.

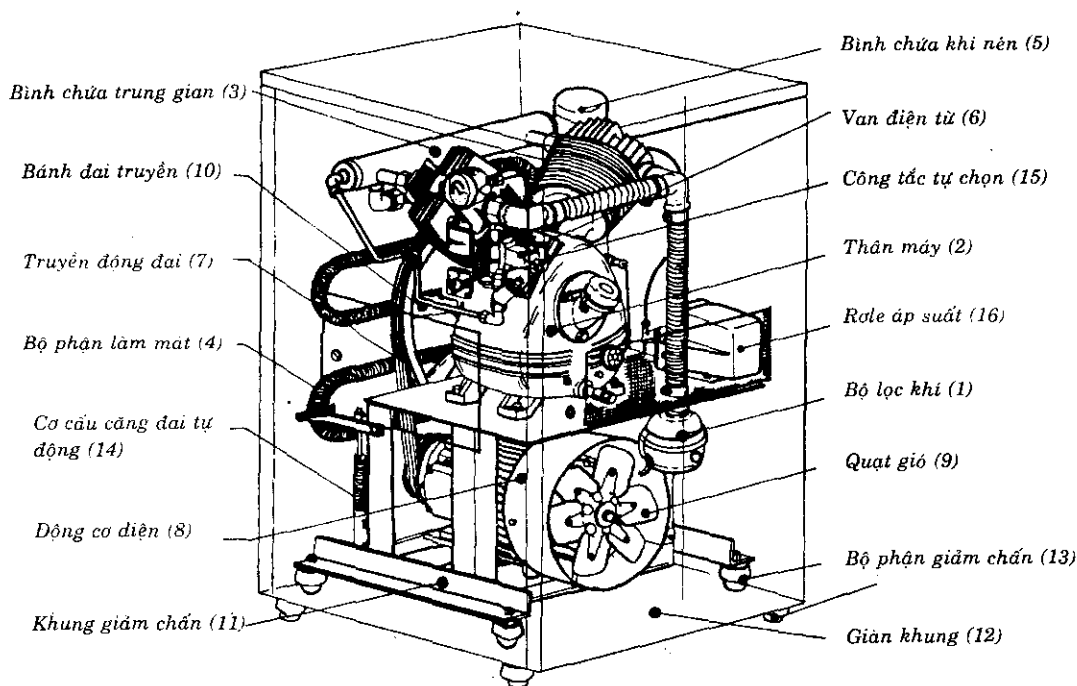
Hình 2.5 giới thiệu một số máy nén khí kiểu pittông.

Loại nằm ngang	Thẳng đứng	Nằm nghiêng	Theo kiểu chữ V	Theo kiểu chữ W
Tác dụng đơn 				
Tác dụng kép 				

Hình 2.5 Một số loại máy nén khí kiểu pittông.

b) Sơ đồ máy nén khí kiểu pittông 2 cấp

Không khí sau khi qua bộ phận lọc khí (1) được nén ở thân máy nén khí (2), sau đó khí nén được đẩy vào bình chứa trung gian (3), xem hình 2.6. Sau khi được làm mát ở bộ phận làm mát (4), khí nén vào bình chứa khí nén (5). Bình chứa khí nén (5) cần thiết phải trang bị những bộ phận sau :



Hình 2.6 Sơ đồ máy nén khí kiểu pittông 2 cấp.

- Van an toàn
- Van một chiều
- Đồng hồ đo áp suất
- Role áp suất
- Ống dẫn khí

Van điện từ (6) làm thông khí bằng ống dẫn nằm ở giữa thân máy nén khí (2) và van một chiều gắn trước bình chứa khí nén (5), sau khi áp suất trong bình chứa (5) đã đạt mức quy định. Truyền động cho thân máy nén khí (2) là truyền động đai (7) từ động cơ điện (8) với quạt gió (9). Quạt gió (9) cùng với bánh đai truyền (10) có tác dụng như là bộ phận tạo ra luồng không khí làm mát. Động cơ điện (8) và thân máy nén khí (2) được đặt trên khung giảm chấn (11), giàn khung (12) cùng với bộ phận giảm chấn (13). Độ căng của đai truyền được điều chỉnh bằng bộ phận (14).

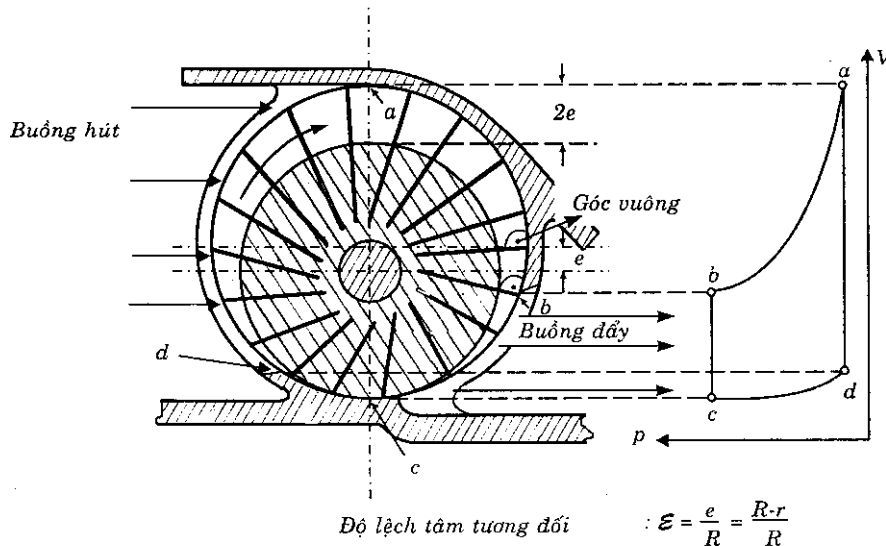
Công tắc tự chọn (15) có thể thực hiện được 2 chức năng điều khiển : ngừng hoạt động khi đạt được phạm vi của áp suất yêu cầu và ngừng hoạt động khi chạy không tải.

Trường hợp ngừng hoạt động khi đạt được phạm vi áp suất yêu cầu bằng role áp suất (16), trong đó phạm vi áp suất yêu cầu, ví dụ từ 6,5 bar – 8,5 bar. Khi áp suất trong bình chứa (5) đạt được mức 8,5 bar thì động cơ điện (8) ngừng hoạt động và khi áp suất trong bình chứa giảm xuống mức 6,5 bar thì động cơ điện (8) lại tiếp tục hoạt động. Trong trường hợp điều khiển mà động cơ điện (8) đóng, mở trên 12 lần/giờ, thì tốt nhất là phải sử dụng thêm một bình chứa phụ.

Trường hợp ngừng hoạt động khi chạy không tải : khi áp suất trong bình chứa (5) đạt được 8,5 bar, thì động cơ vẫn chạy không tải, nhờ điều chỉnh role thời gian (ví dụ

thời gian chạy không là 3 phút), sau 3 phút thì động cơ điện mới ngừng hẳn. Sau khi áp suất trong bình chứa giảm xuống 6,5 bar thì động cơ điện lại tiếp tục hoạt động. Trong trường hợp, trong vòng 3 phút, mà áp suất trong bình chứa giảm xuống 6,5 bar, thì động cơ điện vẫn tiếp tục hoạt động tiếp.

3. Máy nén khí kiểu cánh gạt



Hình 2.7 Nguyên lý hoạt động máy nén khí kiểu cánh gạt.

a) Nguyên lý hoạt động

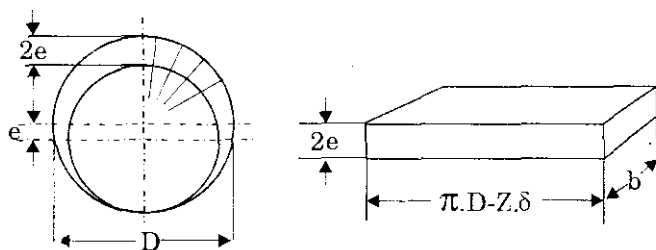
Nguyên lý hoạt động của máy nén khí kiểu cánh gạt (hình 2.7) : không khí sẽ được hút vào buồng hút, trong biểu đồ $p - V$ tương ứng đoạn $d - a$. Nhờ rôto và stato đặt lệch nhau một khoảng lệch tâm e , nên khi rôto quay chiều sang phải, thì không khí sẽ vào buồng nén, trong biểu đồ $p - V$ tương ứng đoạn $a - b$. Sau đó khí nén sẽ vào buồng đẩy, trong biểu đồ tương ứng đoạn $b - c$.

Lưu lượng tính theo [21] :

$$Q_v = (\pi \cdot D - Z \cdot \delta) \cdot 2 \cdot e \cdot b \cdot \frac{n}{60} \cdot \lambda \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.1)$$

Trong đó :

δ [m]	Chiều dày cánh gạt
Z [-]	Số cánh gạt
n [vòng/phút]	Số vòng quay rôto
λ [-]	Hiệu suất ($\lambda = 0,7 - 0,8$)
e [m]	Độ lệch tâm
D [m]	Đường kính stato
b [m]	Chiều rộng cánh gạt (hình 2.8)

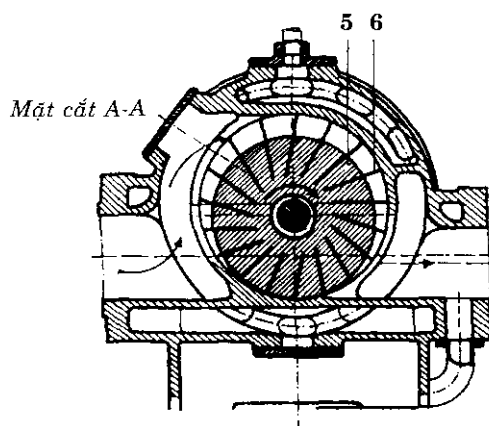


Hình 2.8 Cánh gạt.

b) Cấu tạo máy nén khí kiểu cánh gạt một cấp

Cấu tạo máy nén khí kiểu cánh gạt một cấp (hình 2.9), bao gồm : thân máy (1), mặt bích thân máy (2), mặt bích trục (3), rôto (5) lắp trên trục. Trục và rôto (5) lắp lệch tâm e so với bánh dẫn chuyển động (4). Khi rôto (5) quay tròn, dưới tác dụng của lực li tâm, các cánh gạt (6) chuyển động tự do trong các rãnh ở trên rôto (5) và đầu các cánh gạt (6) tựa vào bánh dẫn chuyển động (4). Thể tích giới hạn giữa các cánh gạt sẽ bị thay đổi (hình 2.7). Như vậy quá trình hút và nén được thực hiện.

Để làm mát khí nén, trên thân máy có các rãnh để dẫn nước vào làm mát. Bánh dẫn (4) được bôi trơn và quay tròn tựa trên thân máy (1) để giảm bớt sự mòn, khi đầu các cánh gạt tựa vào, mỗi khi rôto quay.

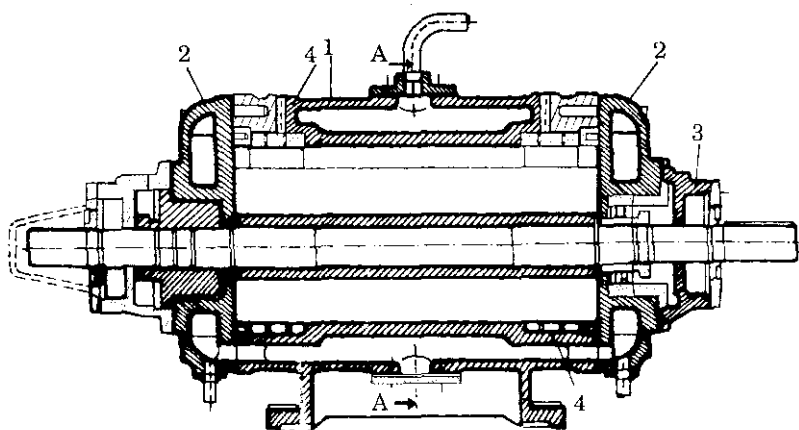


4. Máy nén khí kiểu trục vít

a) Nguyên lí hoạt động

Máy nén khí kiểu trục vít hoạt động theo nguyên lí thay đổi thể tích. Thể tích khoảng trống giữa các răng sẽ thay đổi, khi trục vít quay được một vòng.

Như vậy sẽ tạo ra quá trình hút (thể tích khoảng trống tăng lên), quá trình

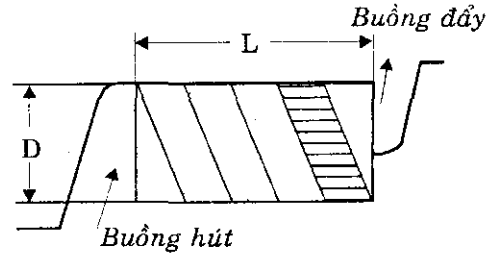
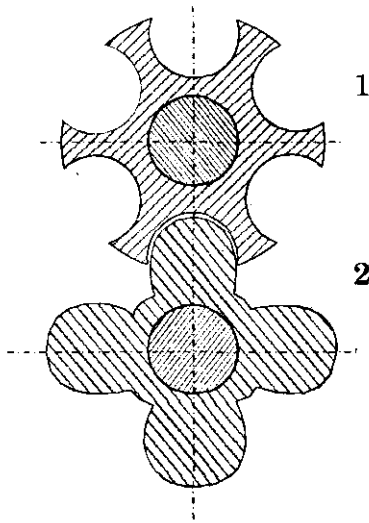


Hình 2.9 Cấu tạo máy nén khí kiểu cánh gạt 1 cấp

nén (thể tích khoảng trống nhỏ lại) và cuối cùng là quá trình đẩy (hình 2.10)

Phần chính của máy nén khí kiểu trục vít gồm có 2 trục : trục chính và trục phụ

(hình 2.11). Số răng (số đầu mối) của trục xác định thể tích làm việc (hút, nén), khi



Hình 2.10 Nguyên lý hoạt động của máy nén khí kiểu trục vít.

trục quay 1 vòng. Số răng càng lớn, thể tích hút, nén của một vòng quay sẽ nhỏ. Số răng (số đầu mối) của trục chính và trục phụ không bằng nhau sẽ cho hiệu suất tốt hơn. Trong hình 2.11 trục chính (2) có 4 đầu mối (4 răng), trục phụ (1) có 5 đầu mối (5 răng).

Lưu lượng tính theo [21], ta có :

Hình 2.11 Quá trình ăn khớp.
$$Q_v = q_0 \cdot \lambda \cdot \frac{n_1}{60} \quad [m^3/s] \quad (2.2)$$

Trong đó :

$q_0 [m^3/vòng]$ Lưu lượng/vòng
 $\lambda [-]$ Hiệu suất
 $n_1 [vòng/phút]$ Số vòng quay trục chính
 Hiệu suất λ phụ thuộc vào số vòng quay n , ví dụ :

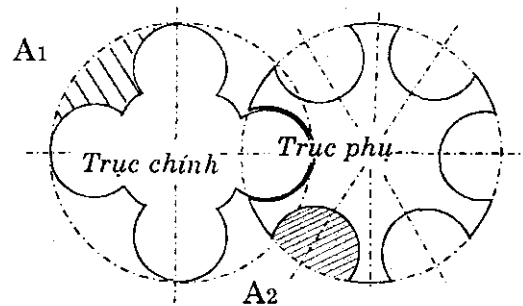
n	λ
4500	0,8
5000	0,82
6000	0,86

Lưu lượng q_0 , xác định được như sau (hình 2.12)

$$q_0 = (A_1 + A_2) \cdot L \cdot Z_1 \cdot \frac{V_{lo}}{V_{lo\ th}}$$

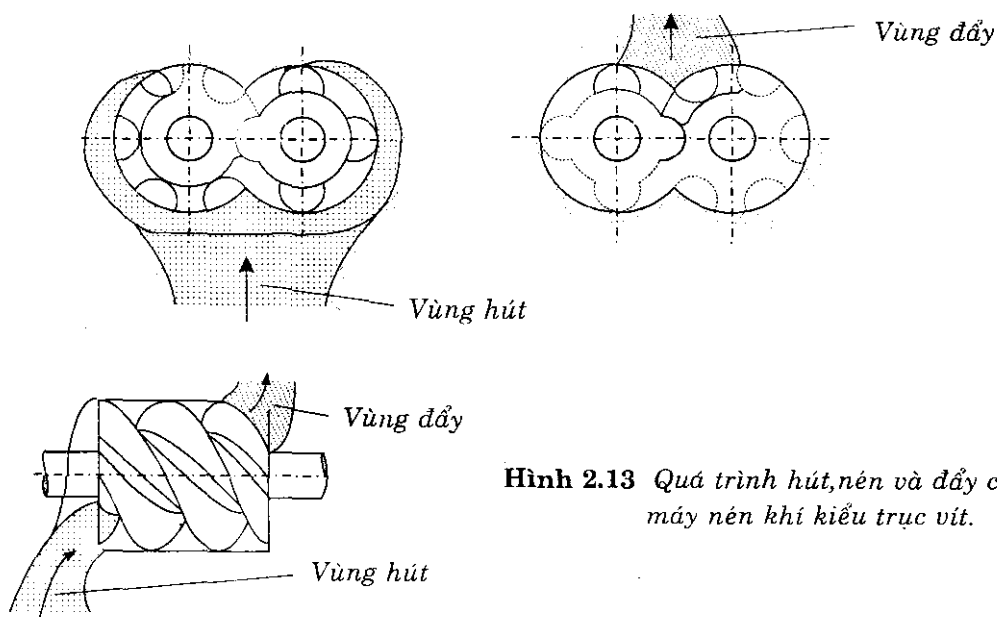
Trong đó :

$L [m]$ Chiều dài trục vít
 $A_1 [m^2]$ Diện tích của trục chính, xem hình 2.12
 $A_2 [m^2]$ Diện tích của trục phụ (hình 2.12)
 $Z_1 [-]$ Số đầu mối (số răng) trục chính.



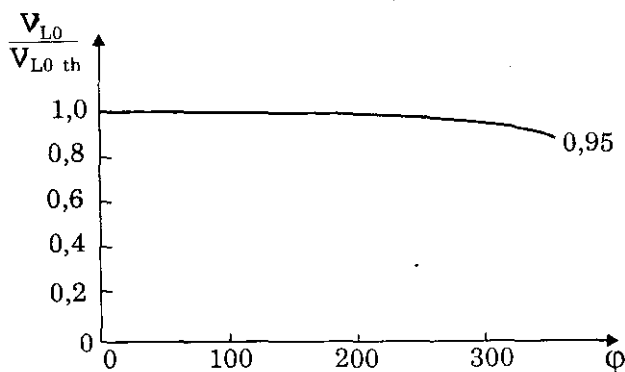
Hình 2.12 Tính lưu lượng q_0 .

$\frac{V_{lo}}{V_{lo\ th}}$ là tỉ số của thể tích khe hở thực tế và thể tích khe hở theo lý thuyết (hình 2.13)



Hình 2.13 Quá trình hút, nén và đẩy của máy nén khí kiểu trục vít.

Sự phụ thuộc giữa tỉ số $\frac{V_{L0}}{V_{L0th}}$ và góc xoắn φ của trục vít, được biểu diễn ở hình 2.14



Hình 2.14 Sự phụ thuộc góc xoắn φ và tỉ số thể tích khe hở thực tế và khe hở theo lý thuyết.

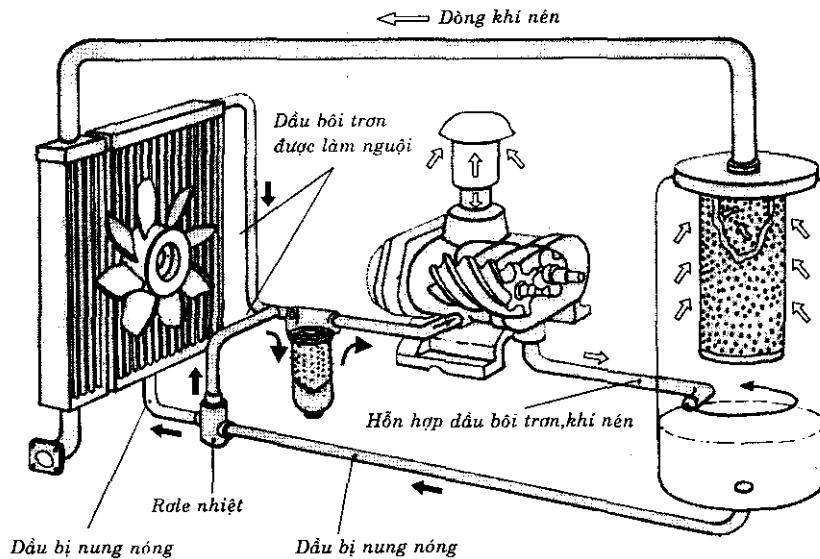
b) Sơ đồ hệ thống máy nén khí kiểu trục vít

Máy nén khí phục vụ cho công nghệ thực phẩm, ví dụ công nghiệp chế biến thực phẩm, công nghiệp hóa chất, người ta thường sử dụng loại máy nén khí không có dầu bôi trơn. Đối với công nghiệp nặng, nhất là trong lĩnh vực điều khiển, thì người ta thường sử dụng máy nén khí có dầu bôi trơn, để chống sự ăn mòn hệ thống ống dẫn và các phần tử điều khiển.

Hình 2.15 là sơ đồ hệ thống máy nén kiểu trục vít có hệ thống dầu bôi trơn. Đặc điểm của loại máy nén khí này là tổn thất cơ học lớn hơn so với loại máy nén khí không bôi trơn, bởi vì có sự tiếp xúc của trục vít chính và trục vít phụ.

So với máy nén khí không có dầu bôi trơn, máy nén khí có hệ thống dầu bôi trơn có những ưu điểm sau :

- Nhiệt sinh ra trong quá trình nén sẽ được dầu bôi trơn hấp thụ.
- Khoảng cách trục ngắn, vì chỉ cần truyền động cho trục chính, trong khi đó loại máy nén khí không có dầu bôi trơn, trục chính và trục phụ tách rời nhau, cho nên cần phải truyền động cả 2 trục.



Hình 2.15 Sơ đồ hệ thống máy nén khí kiểu trục vít có hệ thống dầu bôi trơn.

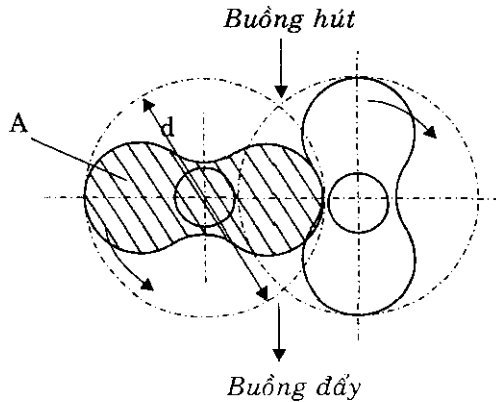
Không khí được hút vào máy nén khí (hình 2.15). Sau khi nén, khí nén cùng với dầu bôi trơn tạo thành một hỗn hợp vào bình lọc. Trong bình lọc khí nén thoát ra theo đường ống dẫn phía trên và dầu bôi trơn mang nhiệt (được tạo ra trong quá trình nén) sẽ theo đường dẫn phía dưới bình lọc. Khí nén sẽ được chuyển đến hệ thống điều khiển, sau khi qua bộ phận làm mát bằng quạt gió. Dầu bôi trơn mang nhiệt sẽ được làm nguội bằng ống dẫn qua quạt gió hoặc đã đạt được nhiệt độ làm mát theo yêu cầu, qua role nhiệt quay trở về bình chứa dầu bôi trơn.

5. Máy nén khí kiểu root

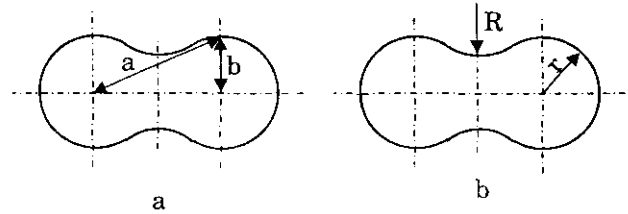
Nguyên lý hoạt động :

Máy nén khí kiểu root gồm có 2 hoặc 3 cánh quạt (pittông có dạng hình số 8), xem biểu diễn ở hình 2.16. Các pittông-đó được quay đồng bộ bằng bộ truyền động ở ngoài thân máy và trong quá trình quay không tiếp xúc với nhau. Như vậy khả năng hút của máy phụ thuộc vào khe hở giữa 2 pittông, khe hở giữa phần quay và thân máy.

Máy nén khí kiểu root tạo ra áp suất không phải theo nguyên lý thay đổi thể tích, mà có thể gọi là sự nén từ dòng phía sau. Điều đó có nghĩa là, khi rôto quay được 1 vòng, thì vẫn chưa tạo áp suất trong buồng đẩy, cho đến khi rôto quay tiếp đến vòng thứ 2, thì dòng lưu lượng đó đẩy vào dòng lưu lượng ban đầu và cuối cùng mới vào buồng đẩy. Với nguyên tắc hoạt động này, dẫn đến tiếng ồn tăng lên.



Hình 2.16 Nguyên lý hoạt động của máy nén khí kiểu root.



Hình 2.17 Cấu trúc cánh quạt.

Hiệu suất của máy với nguyên tắc hoạt động này bị giới hạn. Tỉ số áp suất thấp, tỉ số áp suất của một cấp $\pi = p_2/p_1 \sim 1,8$; và của hai cấp $\pi = p_2/p_1 \sim 2,5$. Số vòng quay rôto $n = 400 \dots 7000$ [vòng/phút]. Tiết diện pittông của máy nén khí kiểu root được thiết kế như hình 2.17a, trong đó $a \cdot b = \text{hằng số}$, hoặc theo hình 2.17b, trong đó có hai bán kính đặc trưng r và R .

Lưu lượng được tính theo [21], ta có :

$$Q_v = q_{0th} \cdot 2 \cdot \lambda \cdot \frac{n}{60} \quad [m^3/s] \quad (2.3)$$

Trong đó :

$q_{0th} [m^3/\text{vòng}]$ Lưu lượng theo lý thuyết/vòng

$\lambda [-]$ Hiệu suất

$n_1 [\text{vòng/phút}]$ Số vòng quay

Hiệu suất $\lambda \approx 0,15 \dots 0,95$

q_{0th} tính theo công thức sau :

$$q_{0th} = (0,25 \cdot \pi \cdot d^2 - A) \cdot b \quad [m^3/\text{vòng}]$$

Trong đó :

$d [m]$ Xem hình 2.16.

$A [m^2]$ Xem hình 2.16

$b [m]$ Chiều rộng của thân bơm

II. THIẾT BỊ XỬ LÝ KHÍ NÉN

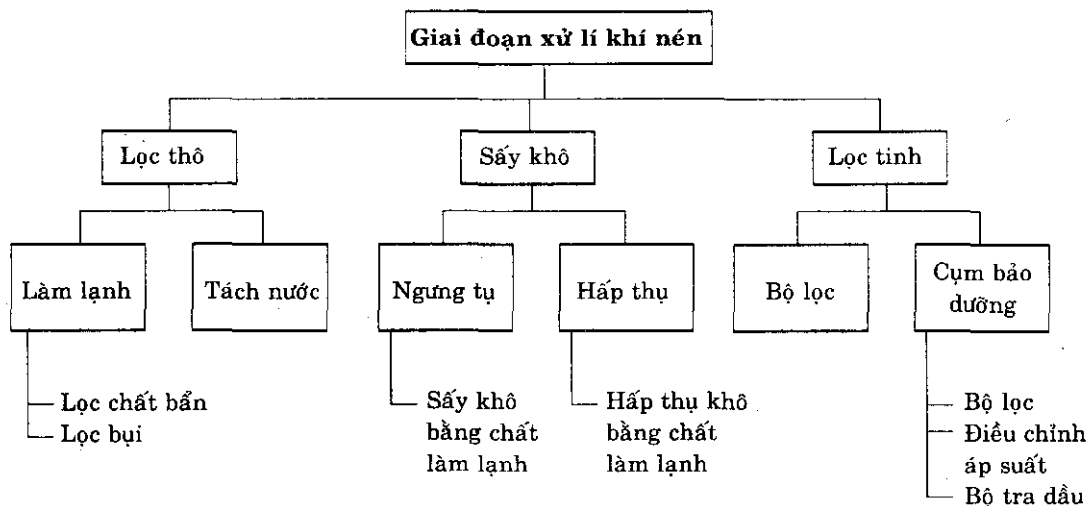
1. Yêu cầu về khí nén

Khí nén được tạo ra từ những máy nén khí chứa đựng nhiều chất bẩn, độ bẩn có thể ở những mức độ khác nhau. Chất bẩn bao gồm bụi, độ ẩm của không khí được hút vào; những phần tử nhỏ chất cặn bã của dầu bôi trơn và truyền động cơ khí. Hơn nữa, trong quá trình nén, nhiệt độ khí nén tăng lên, có thể gây nên quá trình ôxi hóa một

số phần tử được kể trên. Như vậy khí nén bao gồm chất bẩn đó được tải đi trong những ống dẫn khí, sẽ gây nên sự ăn mòn, gỉ trong ống và trong các phần tử của hệ thống điều khiển. Như vậy khí nén được sử dụng trong kĩ thuật phải xử lí. Mức độ xử lí khí nén tùy thuộc vào phương pháp xử lí, từ đó xác định chất lượng của khí nén tương ứng cho từng trường hợp vận dụng cụ thể.

Khí nén được tải từ máy nén khí gồm những chất bẩn thô : những hạt bụi, chất cặn bã của dầu bôi trơn và truyền động cơ khí, phần lớn những chất bẩn này được xử lí trong thiết bị, gọi là thiết bị làm lạnh tạm thời, sau khi khí nén được đẩy ra từ máy nén khí. Sau đó khí nén được dẫn vào bình làm hơi nước ngưng tụ, ở đó độ ẩm của khí nén (lượng hơi nước) phần lớn sẽ được ngưng tụ ở đây. Giai đoạn xử lí này gọi là **giai đoạn xử lí thô**. Nếu như thiết bị để thực hiện xử lí khí nén giai đoạn này tốt, hiện đại, thì khí nén có thể được sử dụng, ví dụ những dụng cụ dùng khí nén cầm tay, những thiết bị, đồ gá đơn giản dùng khí nén...

Tuy nhiên sử dụng khí nén trong hệ thống điều khiển và một số thiết bị khác, đòi hỏi chất lượng của khí nén cao hơn. Để đánh giá chất lượng của khí nén, Hội đồng Các xí nghiệp châu Âu PNEUROP – 6611 (*European Committee of Manufacturers of Compressors, Vacuum pumps and Pneumatic tools*) phân ra thành 5 loại, trong đó có tiêu chuẩn về độ lớn của chất bẩn, áp suất hóa sương, lượng dầu trong khí nén được xác định. Cách phân loại này nhằm định hướng cho những nhà máy, xí nghiệp chọn đúng chất lượng khí nén tương ứng với thiết bị sử dụng.



Hình 2.18 Các phương pháp xử lí khí nén

Hệ thống xử lí khí nén được phân loại thành 3 giai đoạn, được mô tả ở hình 2.18 :

– *Lọc thô* :

Làm mát tạm thời khí nén từ máy nén khí ra, để tách chất bẩn, bụi. Sau đó khí nén được vào bình ngưng tụ, để tách hơi nước.

Giai đoạn lọc thô là giai đoạn cần thiết nhất cho vấn đề xử lí khí nén.

– Phương pháp sấy khô :

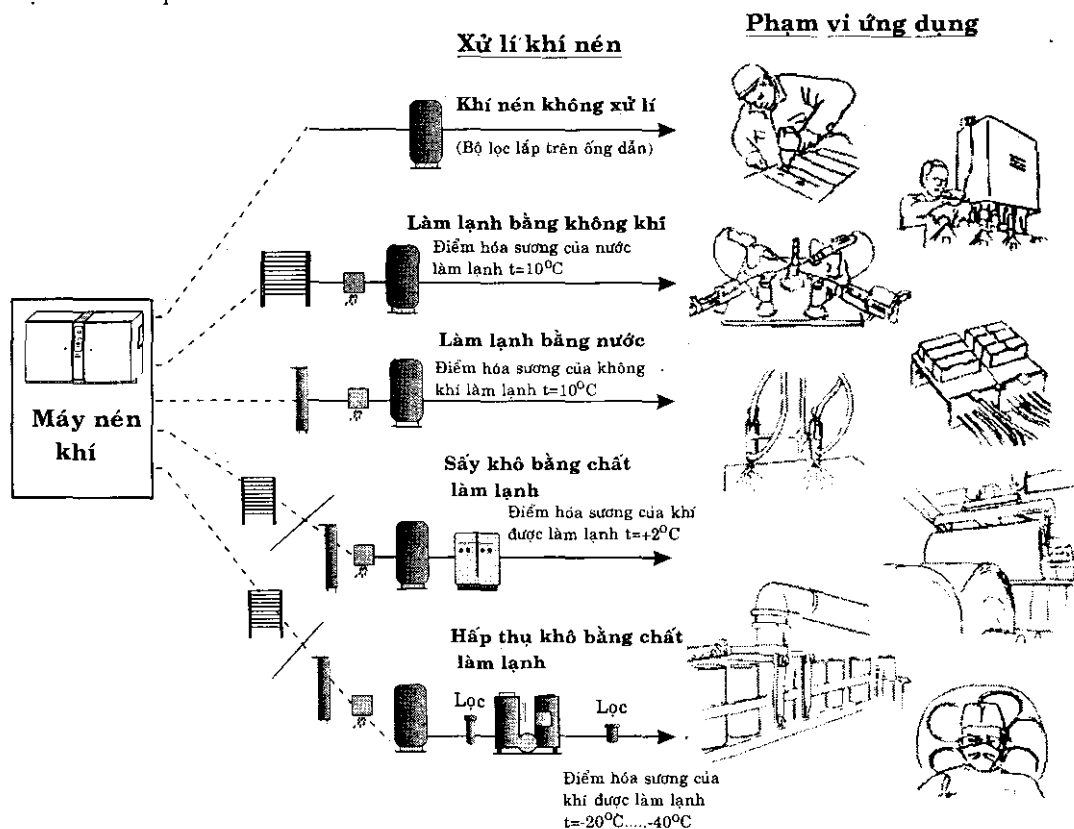
Giai đoạn này xử lý tùy theo chất lượng yêu cầu của khí nén (xem phần tiếp theo của chương II).

– Lọc tinh :

Xử lý khí nén trong giai đoạn này, trước khi đưa vào sử dụng. Giai đoạn này rất cần thiết cho hệ thống điều khiển (xem phần tiếp theo của chương II).

2. Các phương pháp xử lý khí nén

Như đã trình bày ở chương I, không khí chứa nhiều thành phần, trong đó có lượng hơi nước đáng kể. Sau khi qua giai đoạn lọc thô, lượng hơi nước vẫn còn. Do những yêu cầu về chất lượng khác nhau trong việc sử dụng khí nén (hình 2.19), đòi hỏi khí nén phải được xử lý tiếp.



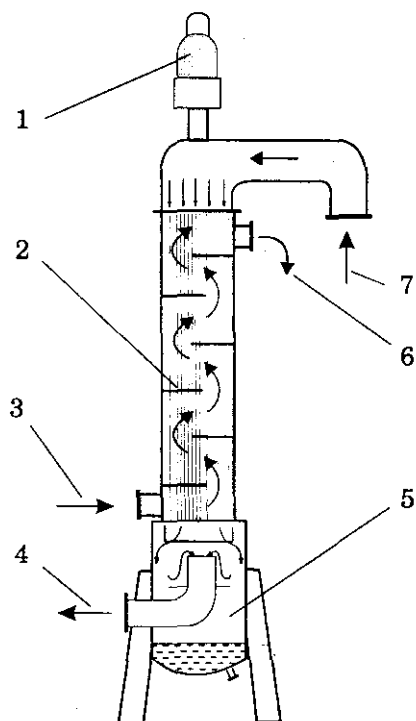
Hình 2.19 Phương pháp xử lý khí nén và lĩnh vực ứng dụng.

a) Bình ngưng tụ – Làm lạnh bằng không khí (bằng nước)

Khí nén sau khi ra khỏi máy nén khí sẽ được dẫn vào *bình ngưng tụ*. Tại đây áp suất khí sẽ được làm lạnh và phần lớn lượng hơi nước chứa trong không khí sẽ được ngưng tụ và tách ra.

Làm lạnh bằng không khí, nhiệt độ khí nén trong bình ngưng tụ sẽ đạt được trong khoảng từ $+30^{\circ}\text{C}$ đến $+35^{\circ}\text{C}$. Làm lạnh bằng nước (ví dụ nước làm lạnh có nhiệt độ là $+10^{\circ}\text{C}$) thì nhiệt độ khí nén trong bình ngưng tụ sẽ đạt được là $+20^{\circ}\text{C}$.

Nguyên lí hoạt động của bình ngưng tụ bằng nước, xem hình 2.20.



Bình ngưng tụ :

1. Van an toàn
2. Hệ thống ống dẫn nước làm lạnh
3. Nước làm lạnh được dẫn vào
4. Khí nén sau khi được làm lạnh
5. Tách nước chứa trong khí nén
6. Nước làm lạnh đi ra
- 7 Khí nén được dẫn vào từ máy nén khí

Hình 2.20 Nguyên lí hoạt động của bình ngưng tụ làm lạnh bằng nước.

b) Thiết bị sấy khô bằng chất làm lạnh

Nguyên lí hoạt động của phương pháp sấy khô bằng chất làm lạnh (hình 2.21) : khí nén từ máy nén khí sẽ qua bộ phận trao đổi nhiệt khí – khí (1). Tại đây dòng khí nén vào sẽ được làm lạnh sơ bộ bằng dòng khí nén đã được sấy khô và xử lí từ bộ phận ngưng tụ đi lên.

Sau khi được làm lạnh sơ bộ, dòng khí nén vào bộ phận trao đổi nhiệt khí – chất làm lạnh (2). Quá trình làm lạnh sẽ được thực hiện bằng cách, dòng khí nén sẽ được đổi chiều trong những ống dẫn nằm trong thiết bị này. Nhiệt độ hóa sương tại đây là $+2^{\circ}\text{C}$. Như vậy lượng hơi nước trong dòng khí nén vào sẽ được tạo thành từng giọt nhỏ một.

Lượng hơi nước sẽ được ngưng tụ trong bộ phận kết tủa (3). Ngoài lượng hơi nước được kết tủa, tại đây còn có các chất bẩn, dầu bôi trơn cũng đã được tách ra (xem mục VI-3, chương I).

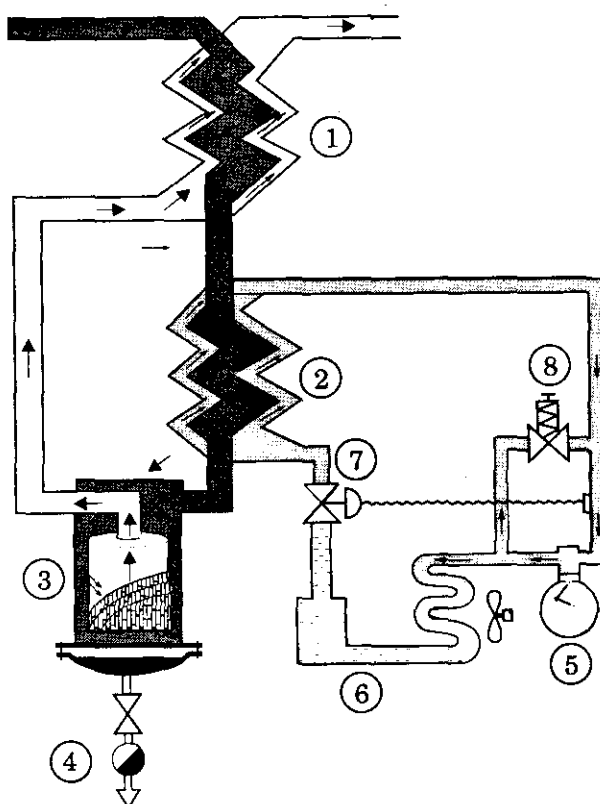
Dầu, nước, chất bẩn sau khi được tách ra khỏi dòng khí nén sẽ được đưa ra ngoài qua van thoát nước ngưng tụ tự động (4). Dòng khí nén được làm sạch và còn lạnh sẽ được đưa đến bộ phận trao đổi nhiệt (1), để nhiệt độ khoảng từ 6°C đến 8°C , trước khi đưa vào sử dụng.

Chu kì hoạt động của chất làm lạnh được thực hiện bằng máy nén để phát chất làm lạnh (5). Sau khi chất làm lạnh được nén qua máy nén, nhiệt độ sẽ tăng lên, bình ngưng tụ (6) sẽ có tác dụng làm nguội chất làm lạnh đó bằng quạt gió. Van điều chỉnh lưu lượng (8) và role điều chỉnh nhiệt độ (7) có nhiệm vụ điều chỉnh dòng lưu lượng chất làm lạnh hoạt động trong khi có tải, không tải và hơi quá nhiệt.

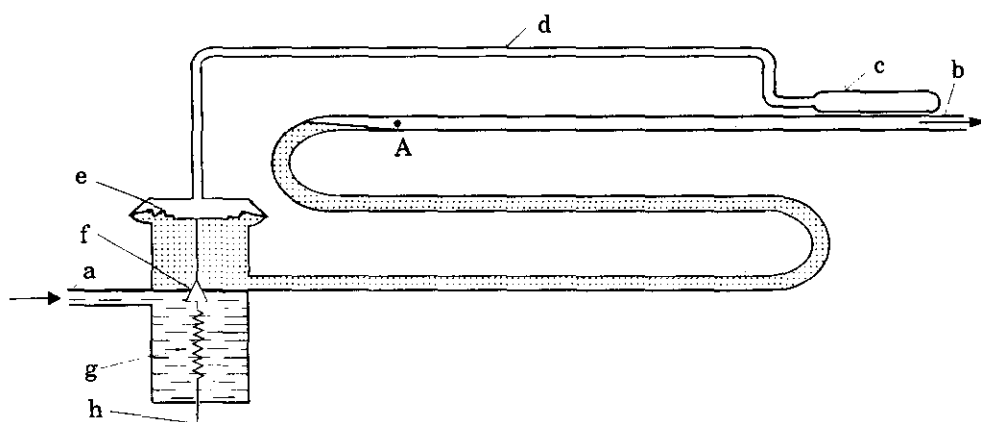
Nguyên lí hoạt động của role nhiệt (hình 2.22) như sau :

- (1) Bộ phận trao đổi nhiệt khí-khí
- (2) Bộ phận trao đổi nhiệt khí-chất làm lạnh.
- (3) Bộ phận kết tủa.
- (4) Van thoát nước ngưng tụ tự động
- (5) Máy nén để phát chất làm lạnh
- (6) Bình ngưng tụ
- (7) Role điều chỉnh nhiệt độ
- (8) Van điều chỉnh lưu lượng chất làm lạnh

-  Khí nén từ máy nén khí
-  Khí nén nóng sạch sấy khô
-  Chất làm lạnh lỏng
-  Chất làm lạnh dạng khí
-  Độ ẩm, dầu bôi trơn, bụi



Hình 2.21 Nguyên tắc hoạt động của thiết bị sấy khô bằng chất làm lạnh.



- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| a.. Ống dẫn chất làm lạnh ở dạng lỏng | e. Màng |
| b. Ống dẫn chất làm lạnh ở dạng khí | f. Lỗ vòi phun |
| c. Cảm biến nhiệt độ | g. Lò xo |
| d. Ống mao dẫn | h. Cơ cấu điều chỉnh lỗ vòi phun |

Hình 2.22 Nguyên lí hoạt động của role nhiệt

Tại vị trí A chất làm lạnh (ví dụ : chlorfluormethan CCL_3F) ở dạng thể khí. Khi nhiệt độ ở vị trí B thay đổi, cảm biến nhiệt độ C qua ống mao dẫn D sẽ tác động lên màng E, như vậy sẽ làm thay đổi vị trí của vòi phun F, lưu lượng của chất làm lạnh vào sẽ thay đổi.

c) Thiết bị sấy khô bằng hấp thụ

Sấy khô bằng hấp thụ có thể là *quá trình vật lí* hay là *quá trình hóa học*.

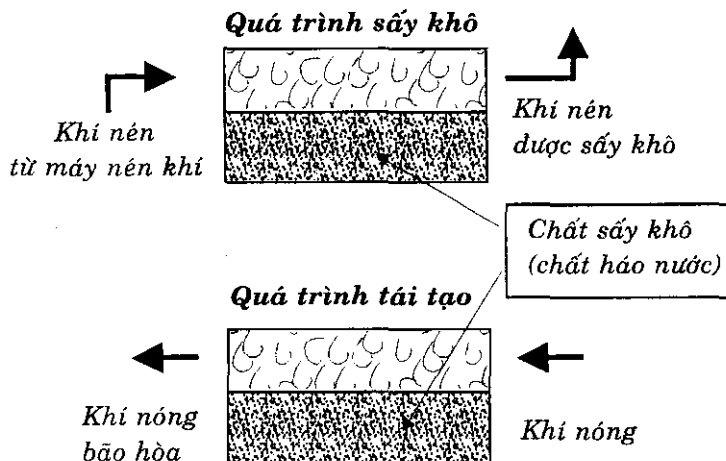
– *Quá trình vật lí* : chất sấy khô hay gọi là *chất hấp thụ* lượng hơi nước ở trong không khí ẩm và gồm 2 bình sấy khô. Bình sấy khô thứ nhất chứa chất sấy khô và thực hiện quá trình sấy khô, trong khi đó bình sấy khô thứ 2 sẽ được tái tạo lại khả năng hấp thụ của chất sấy khô (chất hấp thụ nước) mà đã dùng lần trước đó (hình 2.23). Chất sấy khô được thường được chọn như: silicagel SiO_2 , nhiệt độ điểm sương $-50^{\circ}C$, nhiệt độ tái tạo $t = 120^{\circ}C - 180^{\circ}C$.

Hình 2.24 là chu kì hoạt động của hệ thống. Khi bình sấy khô thứ nhất II hoạt động, van 6 mở, khí nén từ máy nén khí qua bình sấy II, qua van 4 và vào hệ thống điều khiển.

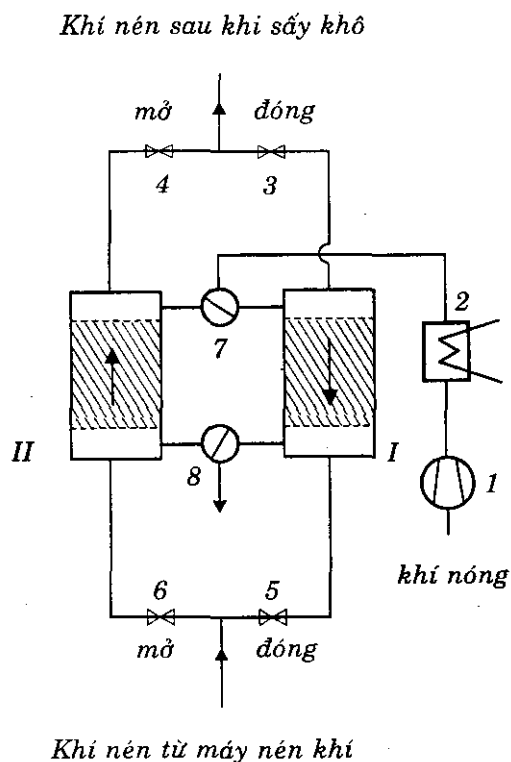
Quá trình tái tạo được thực hiện bằng khí nóng sau khi không khí qua máy nén khí 1 và được nung nóng trong bộ phận nung nóng 2, qua van 7 vào bình chứa I, qua van 8, lúc đó không khí nóng bão hòa sẽ được đưa ra ngoài.

– Quá trình hóa học :

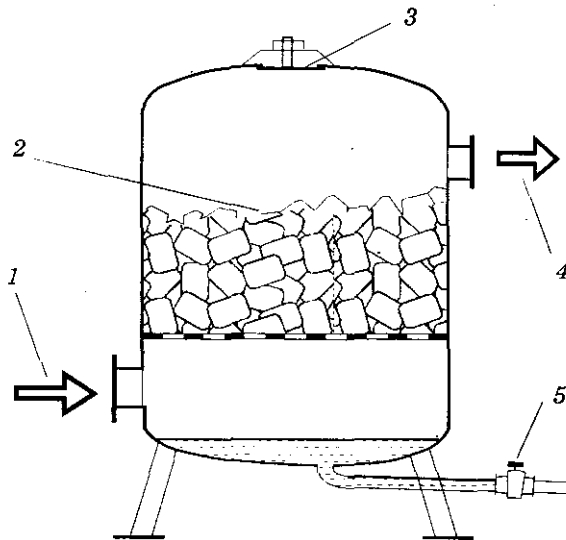
Thiết bị gồm 1 bình chứa, trong đó có chứa chất



Hình 2.23 Nguyên lí làm việc của thiết bị sấy khô bằng hấp thụ.



Hình 2.24 Quá trình vận hành của thiết bị sấy khô bằng hấp thụ.



Hình 2.25 Nguyên lí hấp thụ bằng phản ứng hóa học.

hấp thụ (hình 2.25), chất hấp thụ bằng quá trình hóa học thường là $NaCl$. Không khí ẩm sẽ được đưa vào từ cửa 1, sau khi đi qua chất hấp thụ 2, ví dụ $NaCl$, lượng hơi nước trong không khí sẽ kết hợp với chất hấp thụ và tạo thành những giọt nước lắng xuống phần dưới của đáy bình chứa. Từ đó phần nước ngưng tụ sẽ được dẫn ra ngoài bằng van 5.

Phần không khí được sấy khô sẽ theo cửa 4 vào hệ thống điều khiển.

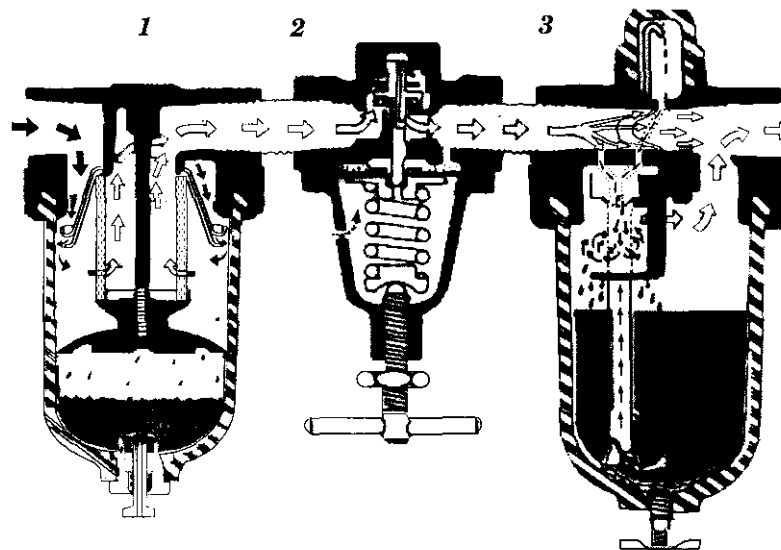
3. Bộ lọc

a) Yêu cầu

Ở trên đã trình bày một số phương pháp xử lý khí nén trong công nghiệp. Tuy nhiên trong một số lĩnh vực, ví dụ : những dụng cụ cầm

tay sử dụng truyền động khí nén hoặc một số hệ thống điều khiển đơn giản thì không nhất thiết phải thực hiện trình tự như vậy.

Nhưng đối với những hệ thống như thế, nhất thiết phải dùng bộ lọc, gồm 3 phần tử (hình 2.26) : van lọc, van điều chỉnh áp suất, van tra dầu.



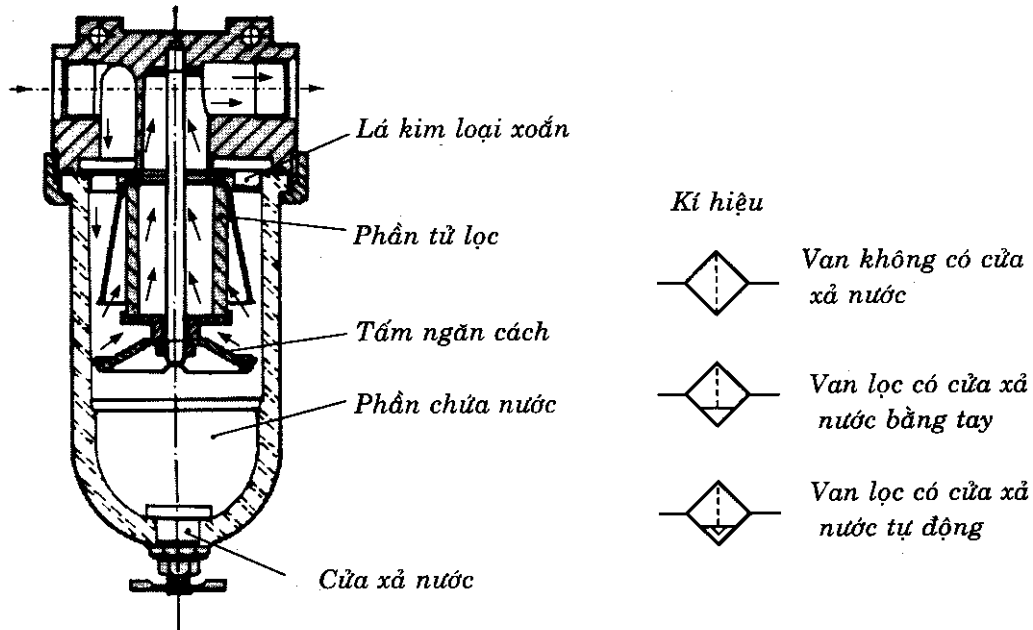
Hình 2.26 Bộ lọc

1. Van lọc
2. Van điều chỉnh áp suất
3. Van tra dầu

b) Van lọc

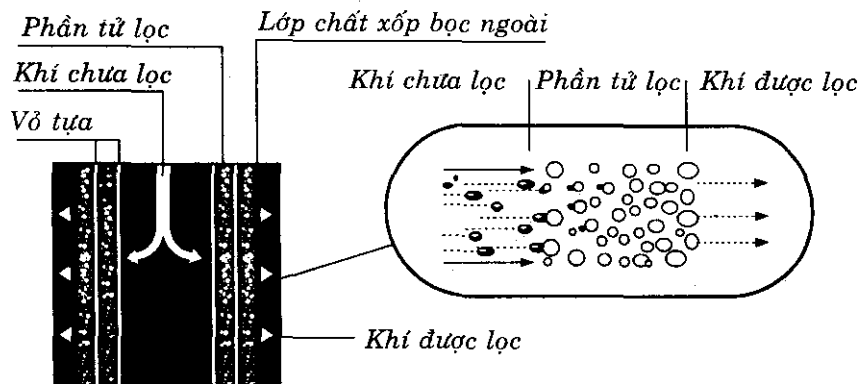
Van lọc có nhiệm vụ tách các thành phần chất bẩn và hơi nước ra khỏi khí nén. Có 2 nguyên lý thực hiện :

- Chuyển động xoay của dòng áp suất khí nén trong van lọc.
- Phần tử lọc xếp làm bằng các chất như : vải dây kim loại, giấy thấm ướt, kim loại thiêu kết hay là vật liệu tổng hợp.



Hình 2.27 Nguyên lý làm việc của van lọc và kí hiệu

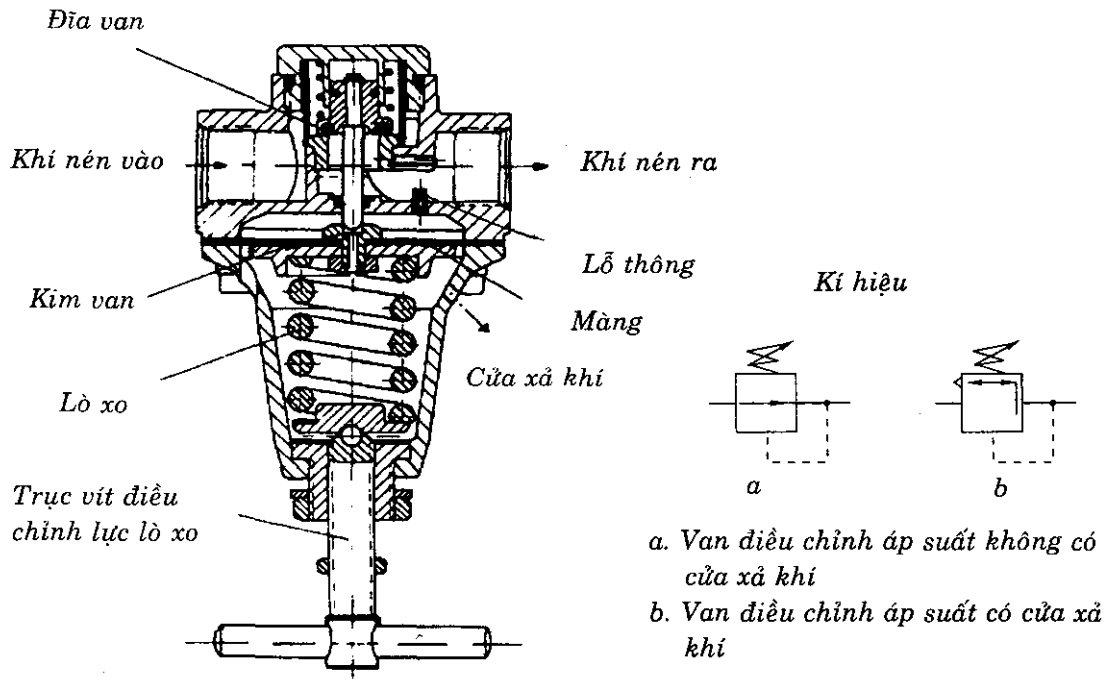
Khí nén sẽ tạo chuyển động xoay khi qua lá xoắn kim loại (hình 2.27) ; sau đó qua phần tử lọc, tùy theo yêu cầu chất lượng của khí nén mà chọn loại phần tử lọc. Độ lớn đường kính các lỗ của phần tử lọc có những loại từ $5\text{ }\mu\text{m}$ đến $70\text{ }\mu\text{m}$. Trong trường hợp yêu cầu chất lượng khí nén rất cao, vật liệu phần tử lọc được chọn là sợi thủy tinh, có khả năng tách nước trong khí nén đến 99,9%. Những phần tử lọc như vậy, thì dòng khí nén sẽ chuyển động từ trong ra ngoài (hình 2.28).



Hình 2.28 Phần tử lọc

c) Van điều chỉnh áp suất

Van điều chỉnh áp suất có công dụng giữ áp suất được điều chỉnh không đổi, mặc dầu có sự thay đổi bất thường của tải trọng làm việc ở phía đường ra hoặc sự dao động của áp suất ở đường vào van. Nguyên tắc hoạt động của van điều chỉnh áp suất (hình 2.29): khi điều chỉnh trực vít, tức là điều chỉnh vị trí của đĩa van, trong trường hợp áp suất ở đường ra tăng lên so với áp suất được điều chỉnh, khí nén sẽ qua lỗ thông tác động lên màng, vị trí kim van thay đổi, khí nén qua lỗ xả khí ra ngoài. Cho đến chừng nào, áp suất ở đường ra giảm xuống bằng áp suất được điều chỉnh ban đầu, thì vị trí của kim van trở về vị trí ban đầu.

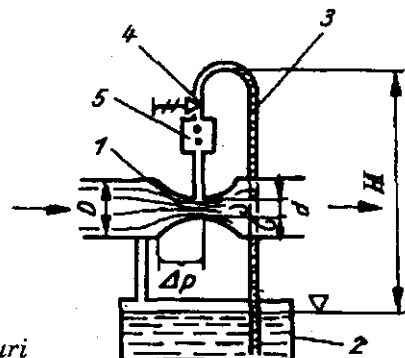


Hình 2.29 Nguyên lý hoạt động của van điều chỉnh áp suất và kí hiệu

d) Van tra dầu

Để giảm lực ma sát, sự ăn mòn và sự gỉ của các phần tử trong hệ thống điều khiển bằng khí nén, trong thiết bị lọc có thêm van tra dầu. Nguyên tắc tra dầu thực hiện theo nguyên lý tra dầu Venturi (hình 2.30).

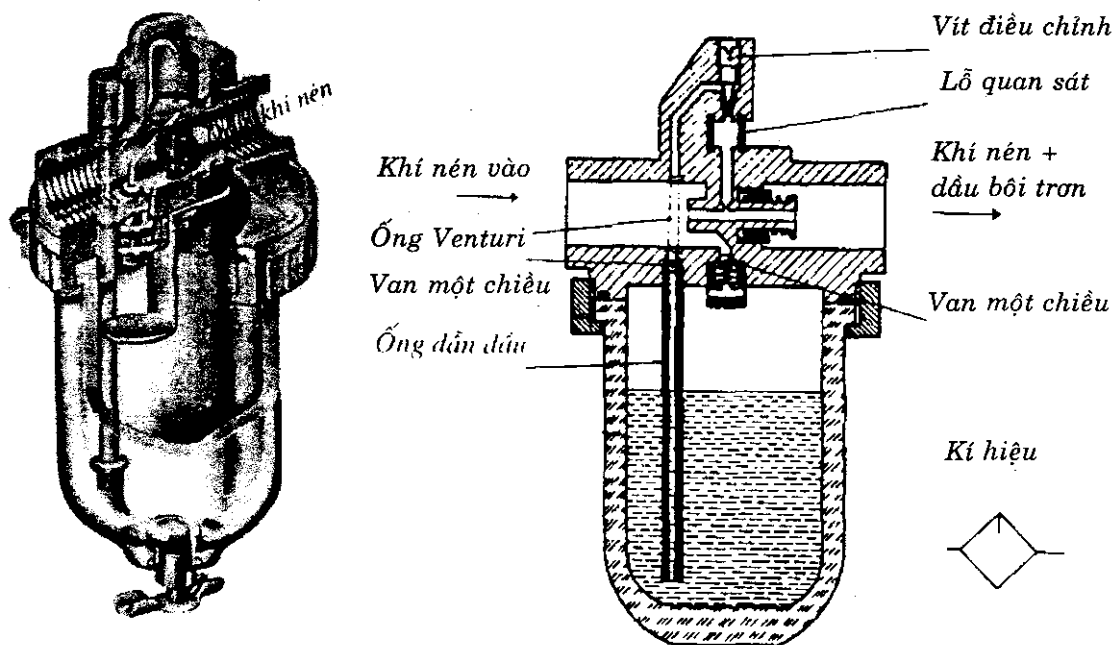
- 1 Vòi phun Venturi
- 2 Bình chứa dầu
- 3 Ống Venturi
- 4 Vít điều chỉnh
- 5 Lỗ quan sát



Hình 2.30 Nguyên lý tra dầu Venturi

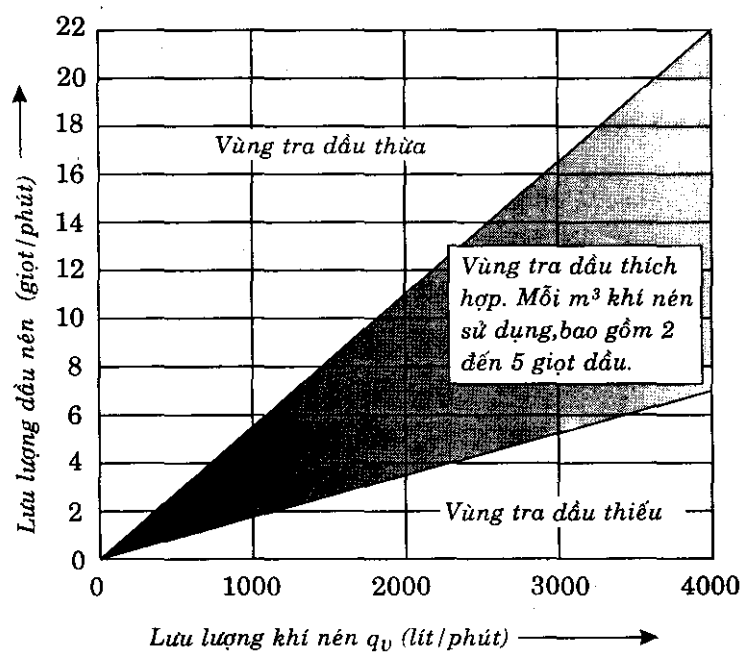
Theo hình 2.30, điều kiện để dầu có thể qua ống Venturi là tổn thất áp suất Δp phải lớn hơn áp suất cột dầu H : $\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \cdot \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right) > \rho_{\text{dầu}} \cdot g \cdot H$

Cấu tạo của van tra dầu, xem hình 2.31 .



Hình 2.31 Cấu tạo và kí hiệu của van tra dầu

Phạm vi tra dầu phụ thuộc nhiều yếu tố, trong đó có lưu lượng khí nén (hình 2.32)



Hình 2.32 Phạm vi tra dầu thích hợp

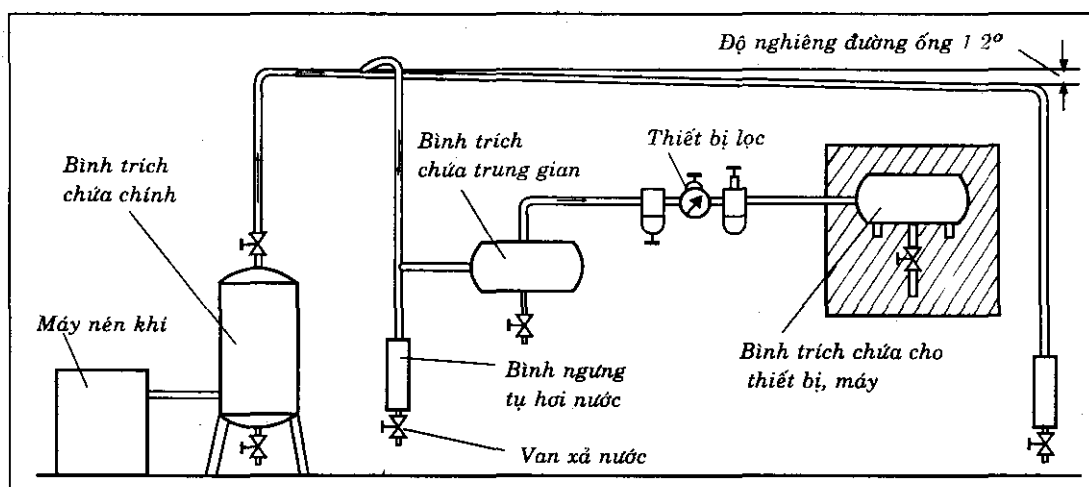
CHƯƠNG III

HỆ THỐNG THIẾT BỊ PHÂN PHỐI KHÍ NÉN

I. YÊU CẦU

Hệ thống thiết bị phân phối khí nén có nhiệm vụ chuyển không khí nén từ máy nén khí đến khâu cuối cùng để sử dụng, ví dụ như động cơ khí nén, máy ép dùng không khí nén, máy nâng dùng không khí nén, máy rung dùng không khí nén, dụng cụ cầm tay dùng không khí nén và hệ thống điều khiển bằng không khí nén (cơ cấu chấp hành, các phần tử điều khiển...).

Truyền tải không khí nén được thực hiện bằng hệ thống ống dẫn khí nén, cần phân biệt ở đây mạng đường ống được lắp ráp cố định (như trong nhà máy) và mạng đường ống lắp ráp trong từng thiết bị, trong từng máy (hình 3.1).



Hình 3.1 Hệ thống thiết bị phân phối khí nén

Yêu cầu đối với hệ thống thiết bị phân phối khí nén là đảm bảo áp suất p , lưu lượng Q và chất lượng của khí nén cho nơi tiêu thụ, cụ thể là các thiết bị máy móc. Ngoài tiêu chuẩn chọn hợp lý máy nén khí, tiêu chuẩn chọn đúng thông số của hệ thống ống dẫn (ví dụ : đường kính ống dẫn, vật liệu ống dẫn) ; cách lắp đặt hệ thống ống dẫn, bảo hành hệ thống thiết bị phân phối khí nén cũng đóng vai trò quan trọng về phương diện kinh tế cũng như về yêu cầu kỹ thuật cho hệ thống điều khiển bằng khí nén. Yêu cầu về tổn thất áp suất đối với hệ thống thiết bị phân phối khí nén (từ bình trích chứa

chính cho đến nơi tiêu thụ, cụ thể là các thiết bị máy móc) không vượt quá 1,0 bar, theo tài liệu [41] cụ thể như sau :

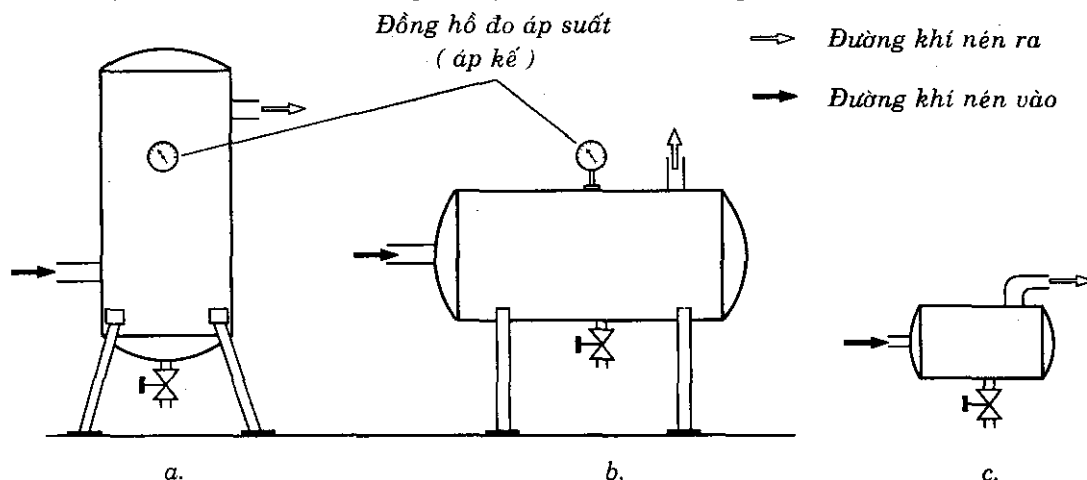
- Tổn thất áp suất trong ống dẫn chính 0,1 bar
- Tổn thất áp suất trong ống nối 0,1 bar
- Tổn thất áp suất trong thiết bị xử lý khí nén (trong bình ngưng tụ, tách nước) 0,2 bar
- Tổn thất áp suất trong thiết bị lọc tinh 0,6 bar

II. BÌNH TRÍCH CHỨA KHÍ NÉN

Bình trích chứa khí nén có nhiệm vụ là cân bằng áp suất khí nén từ máy nén khí chuyển đến, trích chứa và ngưng tụ, tách nước.

Kích thước bình trích chứa phụ thuộc vào công suất của máy nén khí và công suất tiêu thụ của các thiết bị máy móc sử dụng, ngoài ra còn phụ thuộc vào phương pháp sử dụng khí nén : ví dụ sử dụng khí nén liên tục hay gián đoạn.

Bình trích chứa khí nén nên lắp ráp trong không gian thoáng, để thực hiện được nhiệm vụ như vừa nêu trên là ngưng tụ và tách nước trong khí nén.



Hình 3.2 Các loại bình trích chứa khí nén

- a. Loại bình trích chứa thẳng đứng
- b. Loại bình trích chứa nằm ngang
- c. Loại bình trích chứa nhỏ gắn trực tiếp vào ống dẫn khí

Bình trích chứa có thể lắp ráp theo những vị trí khác nhau (hình 3.2). Đường ống nối khí nén ra thường nằm ở vị trí cao nhất của bình trích chứa.

III. MẠNG ĐƯỜNG ỐNG DẪN KHÍ NÉN

Mạng đường ống dẫn khí nén có thể phân chia thành 2 loại :

- Mạng đường ống được lắp ráp cố định (ví dụ mạng đường ống trong nhà máy).
- Mạng đường ống được lắp ráp di động (ví dụ mạng đường ống trong dây chuyền hoặc trong máy móc, thiết bị).

1. Mạng đường ống lắp ráp cố định

Thông số cơ bản cho mạng đường ống lắp ráp cố định là ngoài lưu lượng khí nén, còn có vận tốc dòng chảy, tổn thất áp suất trong ống dẫn khí nén, áp suất yêu cầu, chiều dài ống dẫn và các phụ tùng nối ống.

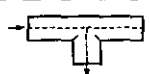
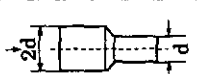
– **Lưu lượng** : phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy. Vận tốc dòng chảy càng lớn, tổn thất áp suất trong ống dẫn càng lớn. Tổn thất áp suất còn phụ thuộc vào các yếu tố khác, xem mục VI-5, chương I.

– **Vận tốc dòng chảy** : được chọn theo tài liệu [41] nằm trong khoảng từ 6 đến 10 m/s. Vận tốc dòng chảy khi qua các phụ tùng nối ống sẽ tăng lên, hay vận tốc dòng chảy sẽ tăng lên nhất thời khi dây chuyển, máy móc đang vận hành.

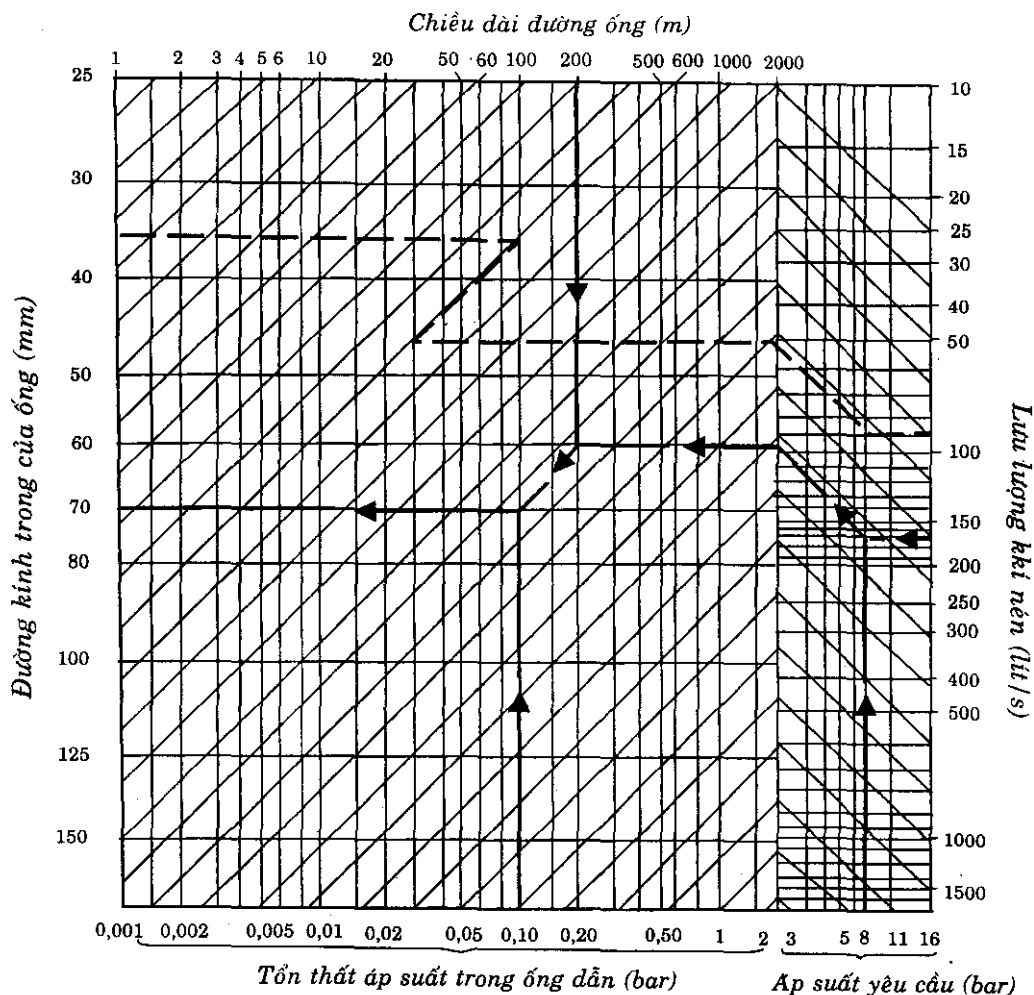
– **Tổn thất áp suất** : như trình bày ở trên, yêu cầu tổn thất áp suất là 0,1 bar trong ống dẫn chính. Tuy nhiên trong thực tế sai số cho phép tính đến bằng 5% áp suất yêu cầu. Ví dụ áp suất yêu cầu của hệ thống là 7 bar, tổn thất áp suất tính được là 0,35 bar là có thể chấp nhận được. Nếu trong ống dẫn chính có lắp thêm các phụ tùng nối ống, các van thì tổn thất áp suất của hệ thống ống dẫn tăng lên. Tổn thất áp suất được trình bày trong phần VI-6, chương I.

Trong thực tế để tính tổn thất áp suất trong các phụ tùng nối, có nhiều phương pháp khác nhau [39]. Trong bảng 3.1 đưa ra giá trị hệ số cản ζ tương đương chiều dài ống dẫn l' của các loại phụ tùng nối. Tính tổn thất áp suất của hệ thống ống dẫn theo phương trình (1-50), phần VI-6, chương I.

Bảng 3.1 Giá trị hệ số cản ζ tương đương chiều dài ống dẫn l'

Phụ tùng nối		Chiều dài ống dẫn tương đương l' (m)						
		Đường kính trong của ống dẫn (mm)						
		25	40	50	80	100	125	150
Van kiểu màng mỏng		1,2	2,0	3,0	4,5	6	8	10
Van khóa		6	10	15	25	30	50	60
Van mở một phần		3	5	7	10	15	20	25
Van chặn		0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5
Nối vuông góc		1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Độ cong $R = d$		0,3	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5
Độ cong $R = 2d$		0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1	1,5
Ống nối T		2	3	4	7	10	15	20
Ống nối thu nhỏ		0,5	0,7	1	2	2,5	3,5	4

Trong thực tế, để xác định các thông số cơ bản cho mạng đường ống lắp ráp cố định, người ta thường sử dụng biểu đồ ở hình 3.3.



Hình 3.3 Biểu đồ sự phụ thuộc của các thông số

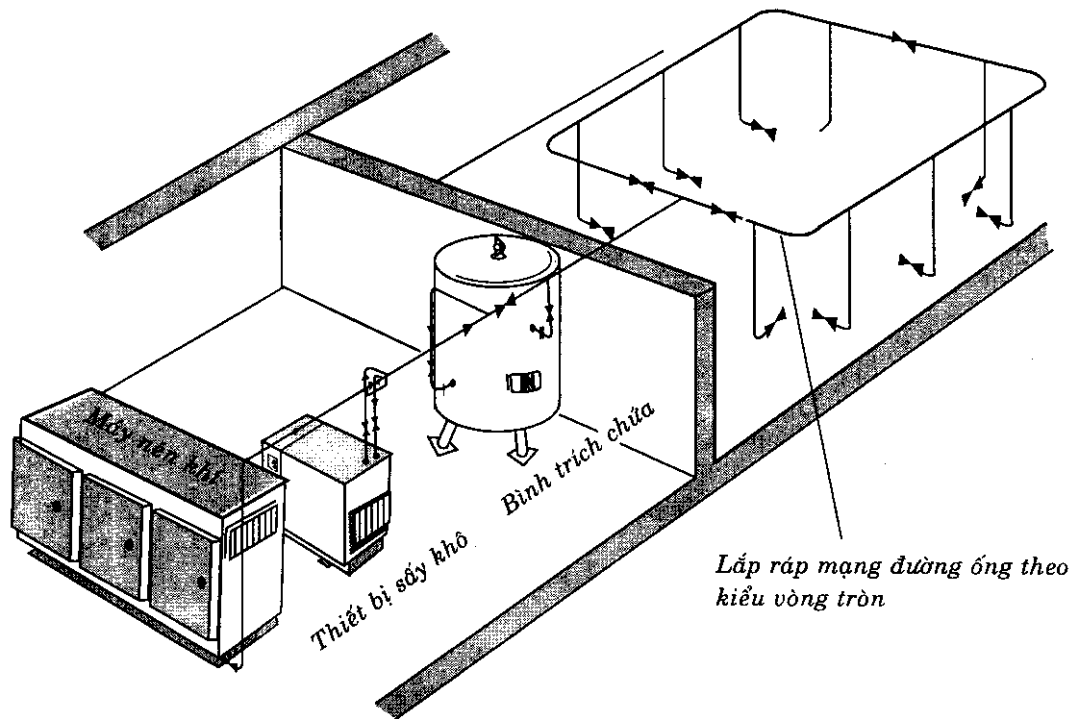
Theo biểu đồ hình 3.3, các thông số yêu cầu như áp suất p , lưu lượng q_v , tổn thất áp suất Δp và các thông số sẽ chọn là chiều dài ống dẫn L , đường kính trong của ống dẫn phụ thuộc lẫn nhau.

Ví dụ : áp suất yêu cầu $p = 8$ [bar]
 chiều dài ống dẫn $L = 200$ [m]
 lưu lượng $q_v = 170$ [lít/s]
 tổn thất áp suất cho phép $\Delta p = 0,1$ [bar]

Từ biểu đồ hình 3.3, đường kính trong của ống dẫn cần chọn $\Phi 70$ mm.

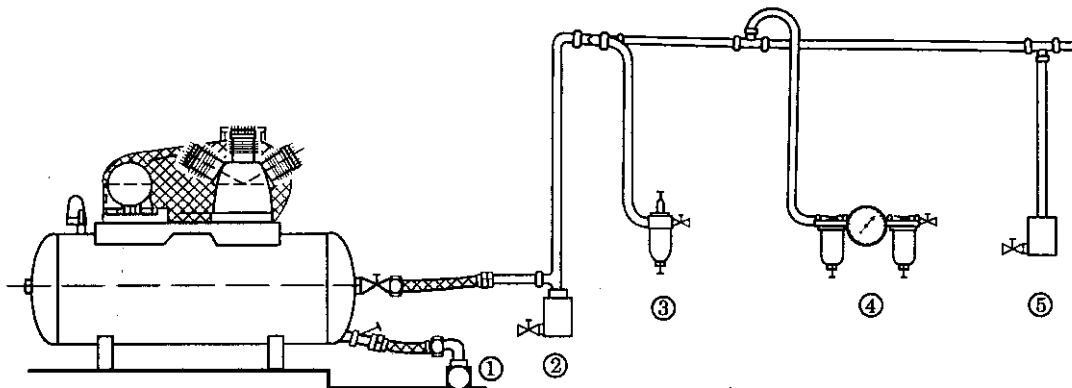
Lắp ráp đường ống dẫn khí nén thường nghiêng góc từ 1° đến 2° so mặt phẳng nằm ngang (hình 3.1). Vị trí thấp nhất của hệ thống ống dẫn so với mặt phẳng nằm ngang, lắp ráp bình ngưng tụ nước, để nước trong ống dẫn sẽ được chứa ở đó.

– *Cách lắp ráp mạng đường ống* : mạng đường ống lắp ráp cố định ở trong nhà máy thường được lắp ráp theo kiểu dẫn vòng (hình 3.4).



Hình 3.4 Hệ thống lắp ráp mạng đường ống theo kiểu vòng tròn

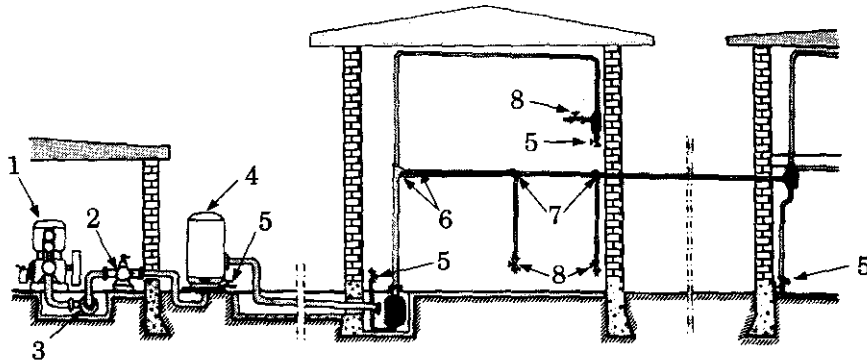
Ví dụ lắp ráp mạng đường ống trực tiếp từ máy nén khí, xem hình 3.5.



Hình 3.5 Lắp ráp mạng đường ống trực tiếp từ máy nén khí

1. Bộ phận xả nước ở bình trích chứa
2. Bình trích chứa nước ngưng tụ
3. Van giảm áp + bình chứa nước ngưng tụ
4. Bộ phận lọc: bộ lọc, van điều chỉnh áp suất, van tra dầu
5. Bình chứa nước ngưng tụ và van xả nước cuối mạng ống dẫn.

Ví dụ lắp ráp mạng đường ống dẫn khí nén trong nhà máy, xem sơ đồ ở hình 3.6.



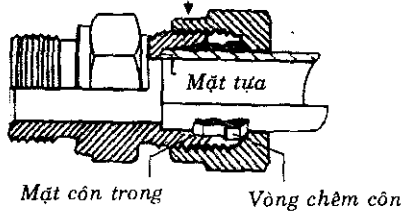
Hình 3.6 Sơ đồ lắp ráp mạng đường ống dẫn khí nén trong nhà máy.

1. Máy nén khí
2. Bình ngưng tụ hơi nước - làm lạnh bằng không khí hoặc bằng nước.
3. Bộ phận cân bằng (giảm dao động) áp suất khí nén
4. Bình trích chứa khí nén
5. Van xả hơi nước ngưng tụ
6. Đường ống lắp nghiêng $1 - 2^\circ$ so với mặt phẳng nằm ngang
7. Các phụ tùng nối ống
8. Van xả hơi nước ngưng tụ

– Các mối ghép ống dẫn khí nén :

Hình 3.7 biểu diễn mối ghép bằng ren cho ống dẫn bằng kim loại. Loại ống dẫn có chiều dày thành ống mỏng sử dụng mối ghép ở hình 3.8. Mối ghép cho những ống dẫn bằng nhựa tổng hợp trình bày ở hình 3.9.

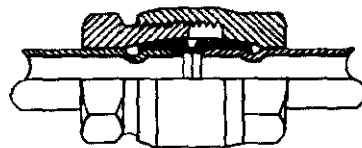
Trước khi vặn đai ốc



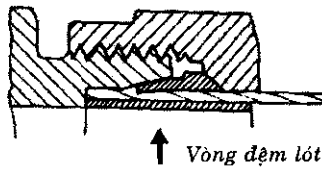
Sau khi vặn đai ốc



Hình 3.7 Mối ghép ống bằng ren



Hình 3.8 Mối ghép bằng ren cho ống nối có chiều dày thành ống mỏng



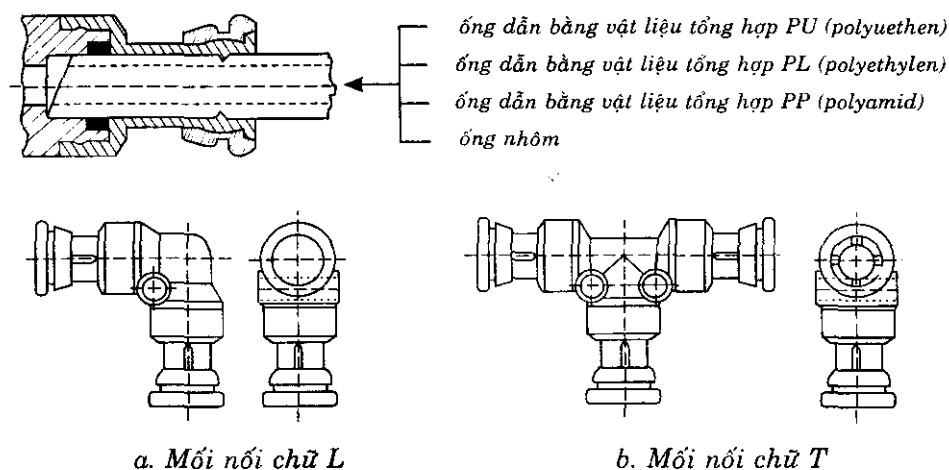
Hình 3.9 Mối ghép bằng ren cho ống nối bằng nhựa tổng hợp có vòng đệm lót.

2. Mạng đường ống lắp ráp di động

Mạng đường ống lắp ráp di động (mạng đường ống trong dây chuyền, trong thiết bị, trong các máy) đa dạng hơn mạng đường ống lắp ráp cố định. Ngoài những đường ống bằng kim loại có thành ống mỏng, như ống dẫn bằng đồng, người ta còn sử dụng các loại ống dẫn khác bằng nhựa, vật liệu tổng hợp, các ống dẫn bằng cao su, các ống mềm bằng vật liệu tổng hợp. Đường kính các ống dẫn được chọn phải tương ứng với đường kính các mối nối của các phần tử điều khiển.

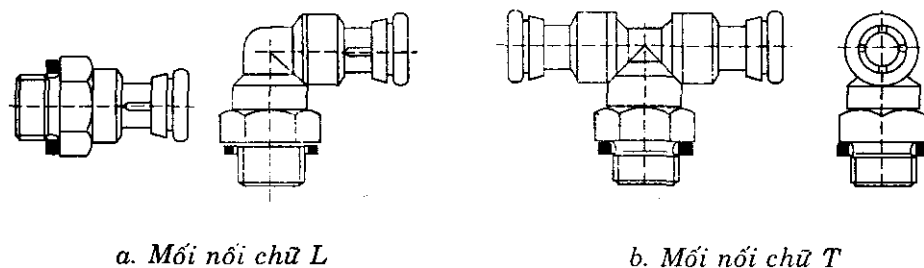
Ngoài những mối lắp ghép bằng ren, mạng đường ống lắp ráp di động còn sử dụng các mối nối cắm với các đầu kẹp (hình 3.10 và hình 3.11).

Tùy theo áp suất yêu cầu của khí nén cho từng loại máy, mà chọn những loại ống dẫn có những tiêu chuẩn kỹ thuật khác nhau. Ví dụ ống dẫn bằng vật liệu tổng hợp PU có cùng đường kính, nhưng chịu được áp suất nhỏ hơn so với ống dẫn bằng vật liệu tổng hợp loại PP. Hình 3.10a trình bày mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp dạng chữ L và hình 3.10b trình bày mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp dạng chữ T.



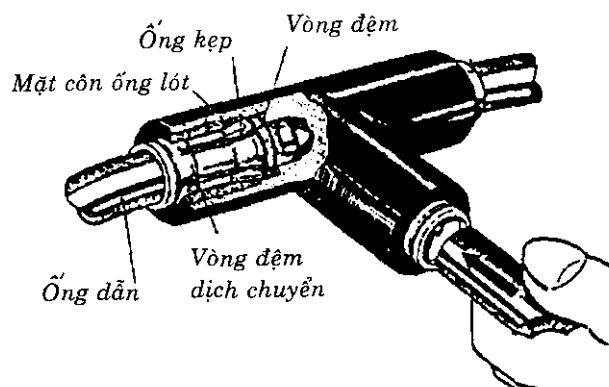
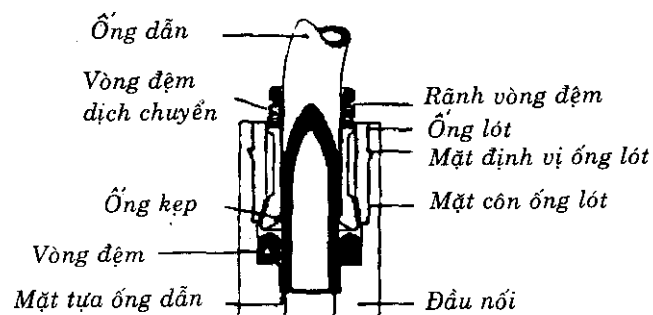
Hình 3.10 Mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp

Hình 3.11a trình bày mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp và bằng ren dạng chữ L và hình 3.11b trình bày mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp và bằng ren dạng chữ T.



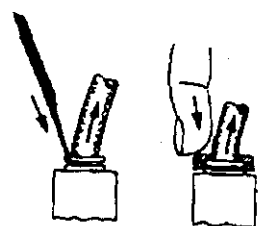
Hình 3.11 Mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp và bằng ren

Ngoài ra trong thực tế còn sử dụng loại mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp, cắm được mô tả ở hình 3.12.

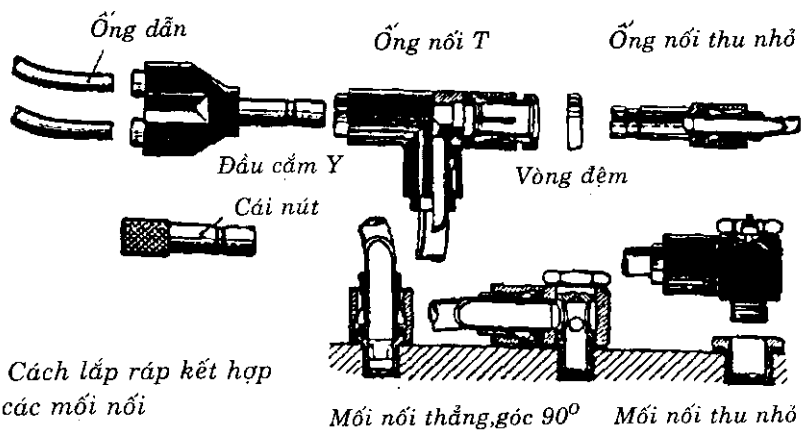


Hình 3.12 Mối nối ống dẫn bằng đầu kẹp, cắm

Cách lắp ráp kết hợp các mối nối được mô tả ở hình 3.13.



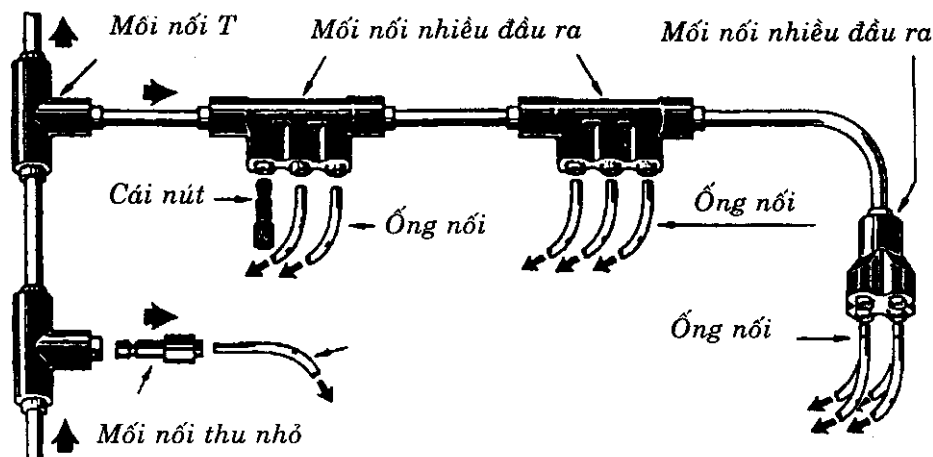
Cách tháo ống dẫn



Hình 3.13 Cách lắp ráp kết hợp các mối nối

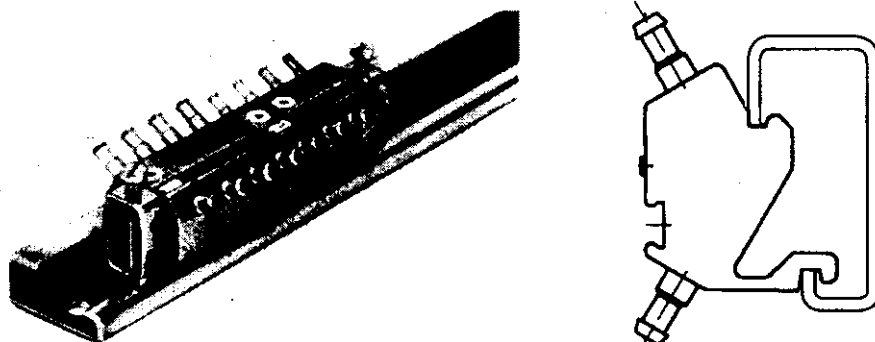
a) Bộ phận phân nhánh dòng khí nén

– Phân nhánh dòng khí nén được mô tả ở hình 3.14.



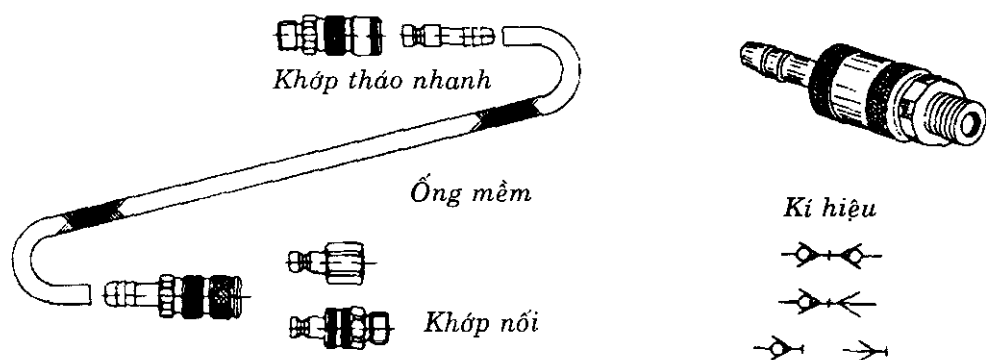
Hình 3.14 Phân nhánh dòng khí nén, kết hợp các mối nối trong hệ thống lắp ráp

– Cơ cấu phân nhánh dòng khí nén với 2 dây được mô tả ở hình 3.15.



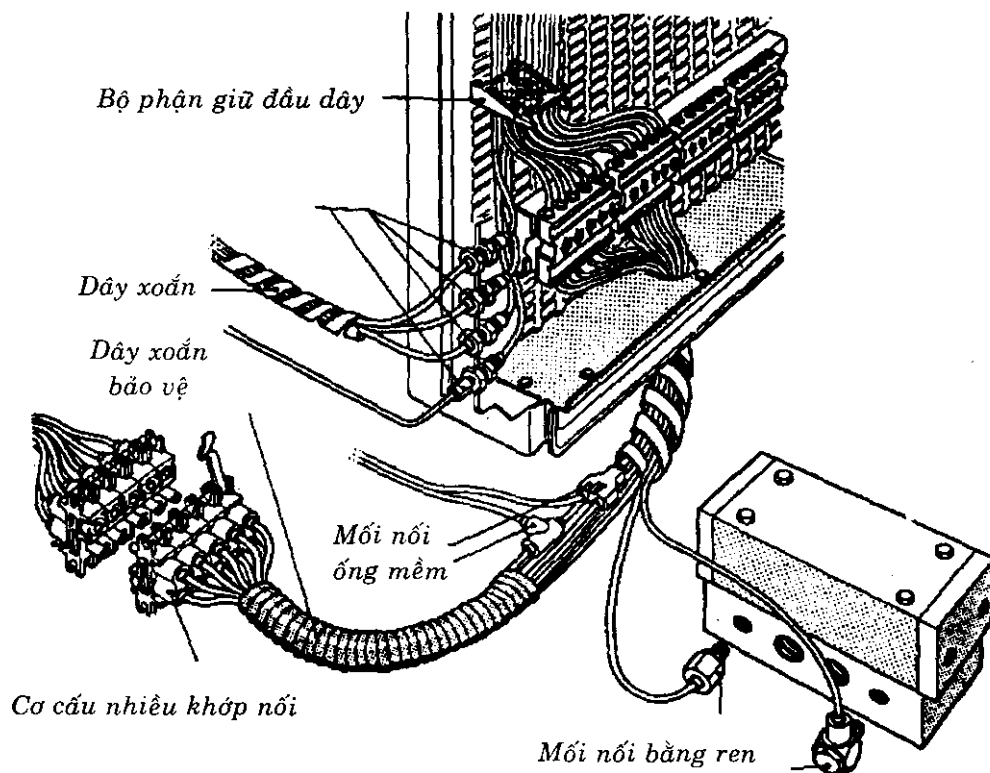
Hình 3.15 Cơ cấu phân nhánh dòng khí nén với 2 dây (16 đầu ra)

– Ống nối mềm với khớp tháo và lắp nhanh được mô tả ở hình 3.16



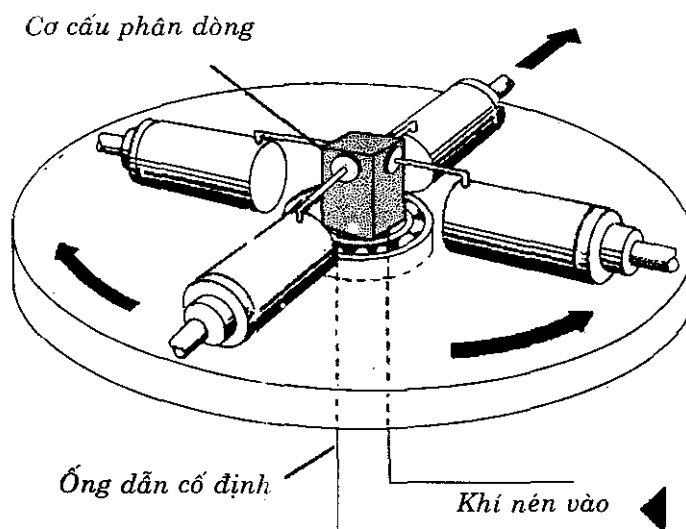
Hình 3.16 Ống nối mềm với khớp tháo, lắp nhanh và kí hiệu

- Ví dụ hệ thống ống dẫn mềm trong dây chuyền tự động được mô tả ở hình 3.17.



Hình 3.17 Hệ thống ống dẫn mềm trong dây chuyền tự động

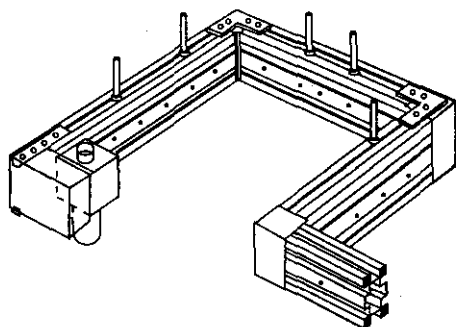
- Cơ cấu phân phối khí nén cho thiết bị có thể quay được mô tả ở hình 3.18



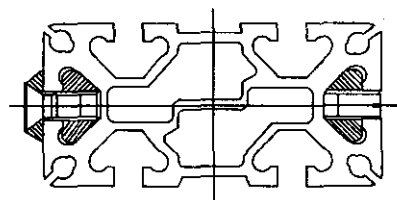
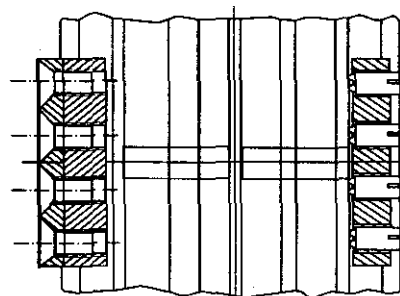
Hình 3.18 Cơ cấu phân phối khí nén cho thiết bị có thể quay được

b) Hệ thống dẫn hướng

Hệ thống dẫn hướng ống dẫn (hình 3.19) tạo điều kiện cho thời gian lắp ráp ngắn đi, đồng thời giảm giá thành lắp ráp. Hệ thống lắp ráp các phần tử điều khiển bằng khí nén (hình 3.20) sẽ tạo điều kiện cho quá trình lắp ráp nhanh và hệ thống điều khiển được chắc chắn, ổn định.



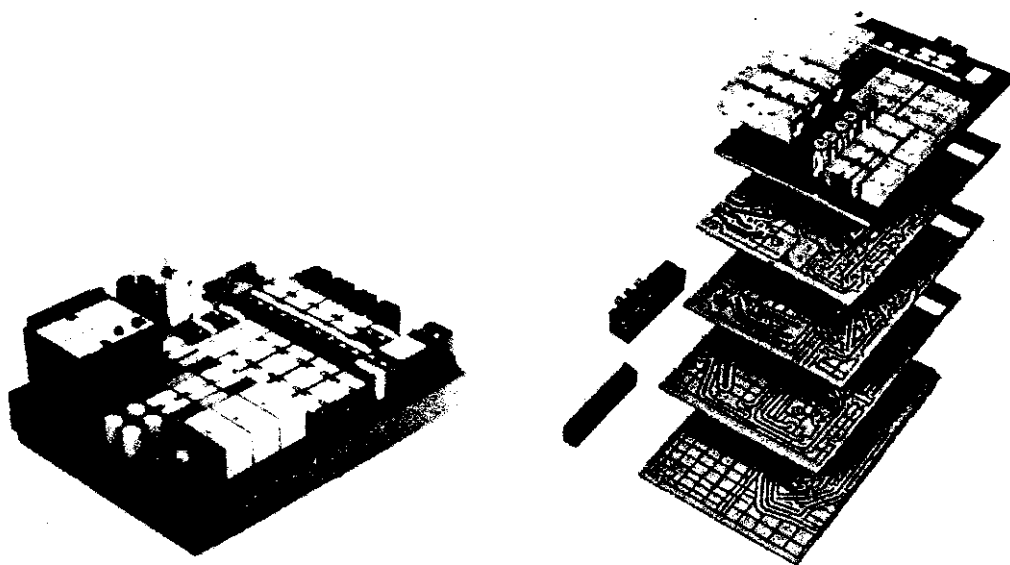
Hình 3.19 Hệ thống dẫn hướng ống dẫn



Hình 3.20 Hệ thống lắp ráp các phần tử điều khiển

c) Hệ thống lắp ráp vi mạch khí nén

Cũng tương tự như hệ thống lắp ráp vi mạch điện – điện tử, *hệ thống lắp ráp vi mạch khí nén* đang được phát triển (hình 3.21). Các kênh điều khiển nối giữa các phần tử điều khiển là những rãnh khắc trên các tấm nhựa tổng hợp.



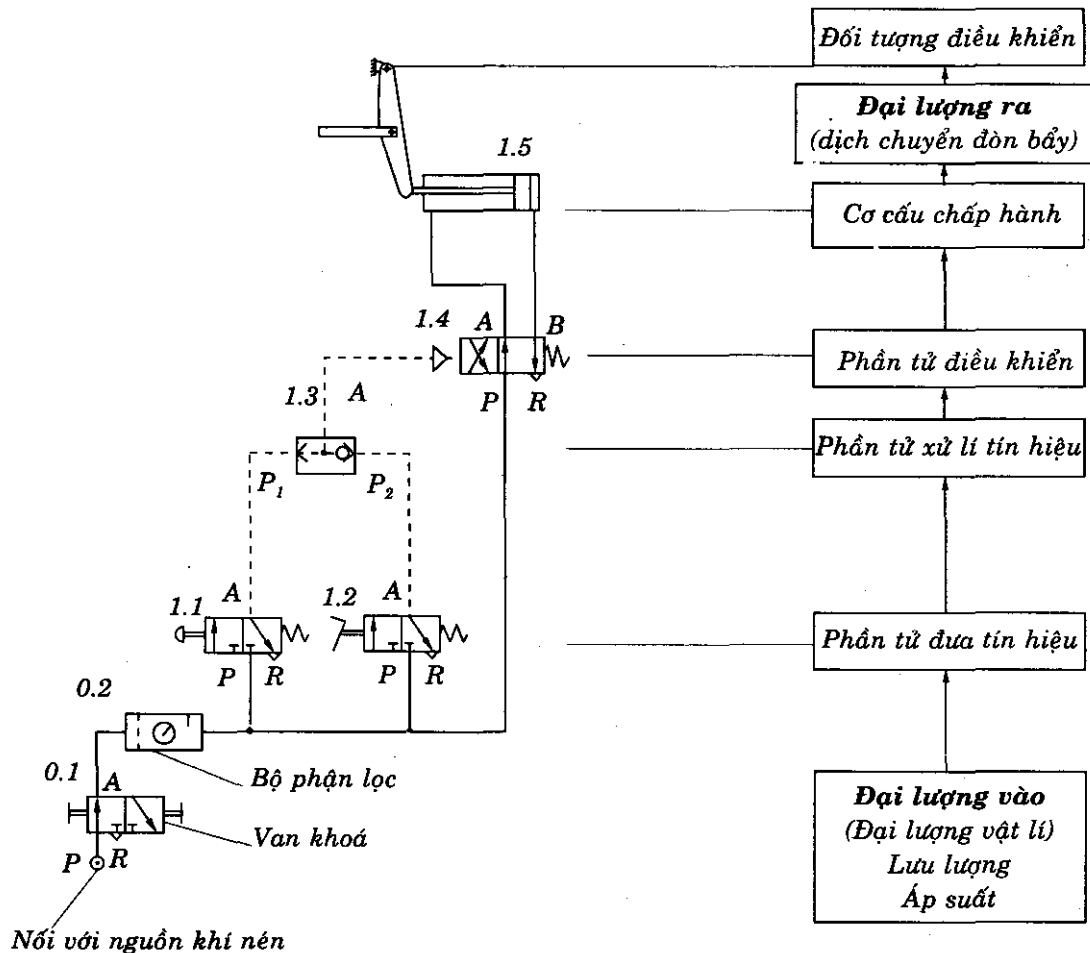
Hình 3.21 Hệ thống lắp ráp vi mạch khí nén

CHƯƠNG IV

CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

I- KHÁI NIỆM

Một hệ thống điều khiển bao gồm ít nhất là một mạch điều khiển (*open-loop control system*). Mạch điều khiển theo DIN 19266 (*Tiêu chuẩn của Cộng hòa Liên Bang Đức*) gồm các phần tử được mô tả ở hình 4.1.



Hình 4.1 Cấu trúc của mạch điều khiển và các phần tử

– *Phần tử đưa tín hiệu* : nhận những giá trị của đại lượng vật lí như là đại lượng vào, là phần tử đầu tiên của mạch điều khiển. Ví dụ : van đảo chiều, rơle áp suất.

– *Phần tử xử lí tín hiệu* : xử lí tín hiệu nhận vào theo một quy tắc logic xác định, làm thay đổi trạng thái của phần tử điều khiển. Ví dụ : van đảo chiều, van tiết lưu, van logic OR hoặc AND.

– *Phần tử điều khiển* : điều khiển dòng năng lượng (lưu lượng) theo yêu cầu, thay đổi trạng thái của cơ cấu chấp hành. Ví dụ : van đảo chiều, li hợp...

– *Cơ cấu chấp hành* : thay đổi trạng thái của đối tượng điều khiển, là đại lượng ra của mạch điều khiển. Ví dụ : xilanh, động cơ.

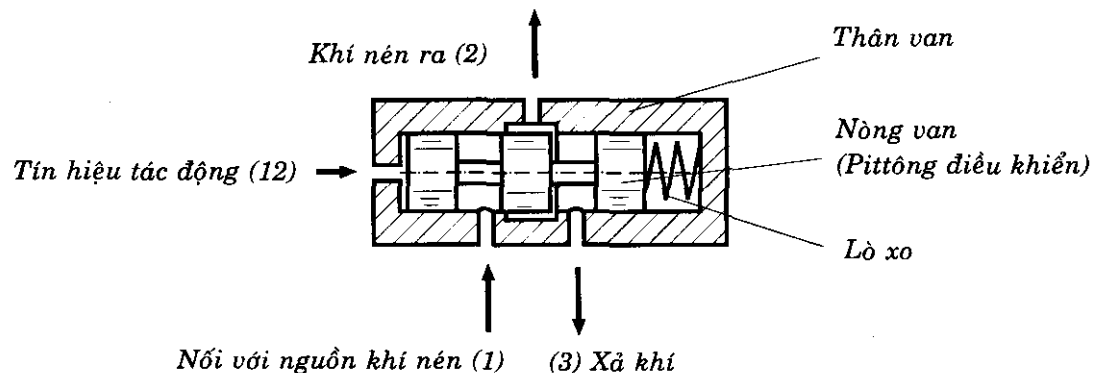
Những hệ thống điều khiển phức tạp bao gồm nhiều phần tử, nhiều mạch điều khiển khác nhau. Trong chương này sẽ lần lượt giới thiệu các phần tử trong hệ thống điều khiển bằng khí nén, để làm cơ sở cho các chương tiếp theo.

II. VAN ĐẢO CHIỀU

Van đảo chiều có nhiệm vụ điều khiển dòng năng lượng bằng cách đóng, mở hay chuyển đổi vị trí, để thay đổi hướng của dòng năng lượng.

1. Nguyên lí hoạt động

Nguyên lí hoạt động của van đảo chiều (hình 4.2) : khi chưa có tín hiệu tác động vào cửa (12), thì cửa (1) bị chặn và cửa (2) nối với cửa (3). Khi có tín hiệu tác động vào cửa (12), ví dụ tác động bằng khí nén, nòng van sẽ dịch chuyển về phía bên phải, cửa (1) nối với cửa (2) và cửa (3) bị chặn. Trường hợp tín hiệu tác động vào cửa (12) mất đi, dưới tác động của lực lò xo, nòng van trở về vị trí ban đầu.



Hình 4.2 Nguyên lí hoạt động của van đảo chiều

2. Kí hiệu van đảo chiều

Chuyển đổi vị trí của nòng van được biểu diễn bằng các ô vuông liền nhau với các chữ cái o, a, b, c... hay các số 0, 1, 2,... (hình 4.3).



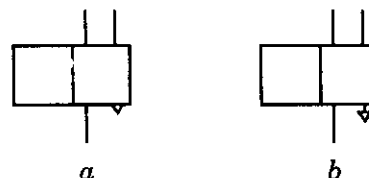
Hình 4.3 Kí hiệu chuyển đổi vị trí của nòng van

Vị trí “không” được kí hiệu là vị trí, mà khi van chưa có tác động của tín hiệu ngoài vào. Đối với van có 3 vị trí, thì vị trí ở giữa, kí hiệu “o” là vị trí “không”. Đối với van có 2 vị trí, thì vị trí “không” có thể là “a” hoặc là “b”, thông thường vị trí bên phải “b” là vị trí “không”.

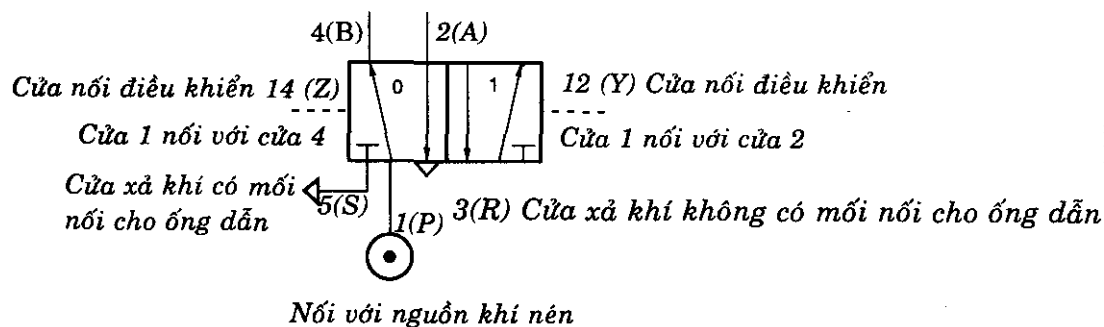
Cửa nối van được kí hiệu như sau :	Kí hiệu theo ISO 5599	Kí hiệu theo ISO 1219
Cửa nối với nguồn (từ bộ lọc khí)	1	P
Cửa nối làm việc	2, 4, 6...	A, B, C...
Cửa xả khí	3, 5, 7...	R, S, T...
Cửa nối tín hiệu điều khiển	12, 14...	X, Y...

Trường hợp cửa xả khí không có mối nối cho ống dẫn được biểu diễn ở hình 4.4a, cửa xả khí có mối nối cho ống dẫn được biểu diễn ở hình 4.4b.

Bên trong ô vuông của mỗi vị trí là các đường thẳng có hình mũi tên, biểu diễn hướng chuyển động của dòng qua van. Trường hợp dòng bị chặn được biểu diễn bằng dấu gạch ngang (hình 4.5).

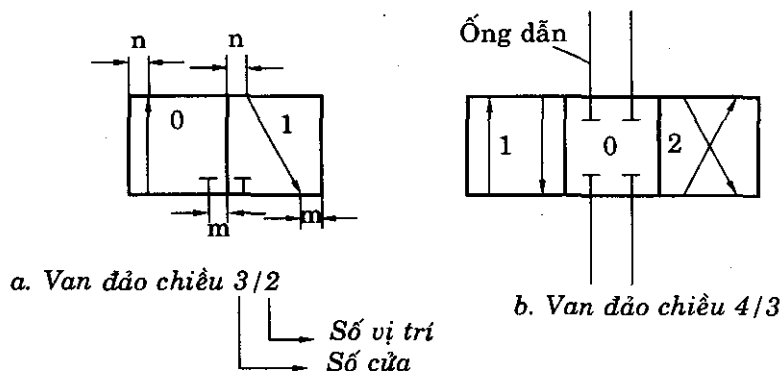


Hình 4.4 Kí hiệu cửa xả khí



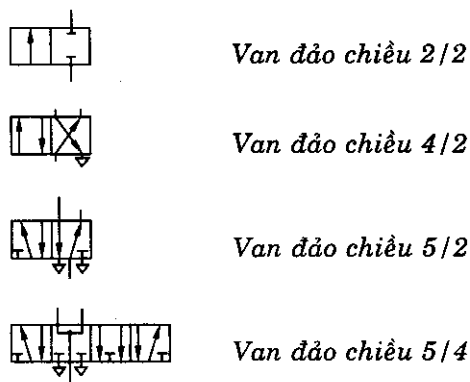
Hình 4.5 Kí hiệu các cửa nối của van đảo chiều

Kí hiệu và tên gọi van đảo chiều, xem hình 4.6. Ví dụ hình 4.6a là van đảo chiều 3 cửa, 2 vị trí. Hình 4.6b là van đảo chiều 4 cửa, 3 vị trí.



Hình 4.6 Kí hiệu và tên gọi van đảo chiều

Cách gọi tên và kí hiệu một số van đảo chiều được giới thiệu ở hình 4.7.

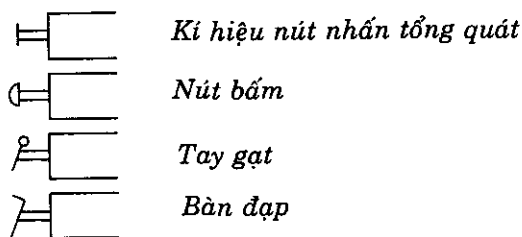


Hình 4.7 Các loại van đảo chiều

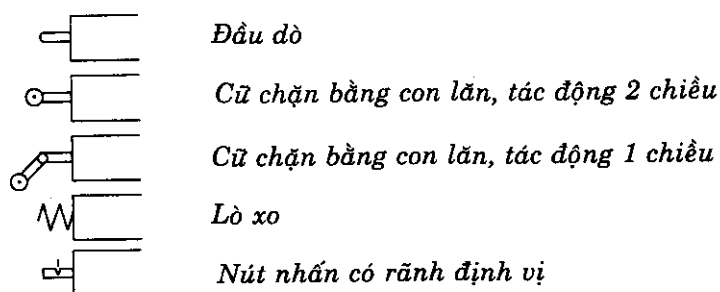
3. Tín hiệu tác động

Nếu kí hiệu lò xo nằm ngay phía bên phải của kí hiệu van đảo chiều, thì van đảo chiều đó có vị trí “không”, vị trí đó là ô vuông phía bên phải của kí hiệu van đảo chiều và được kí hiệu “0”. Điều đó có nghĩa là chừng nào chưa có tác động vào nòng van, thì lò xo tác động giữ vị trí đó. Tác động phía đối diện của van, ví dụ : tín hiệu tác động bằng cơ, bằng khí nén hay bằng điện giữ ô vuông phía bên trái của van và được kí hiệu “1”. Trên hình 4.8a, b là sơ đồ biểu diễn các loại tín hiệu tác động lên nòng van đảo chiều.

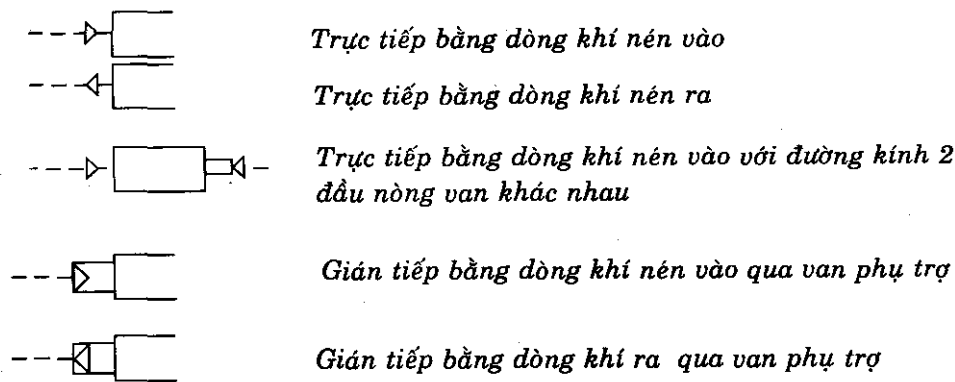
a. Tác động bằng tay



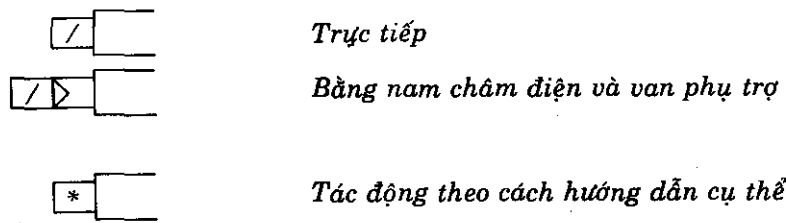
b. Tác động bằng cơ



c. Tác động bằng khí nén



d. Tác động bằng nam châm điện

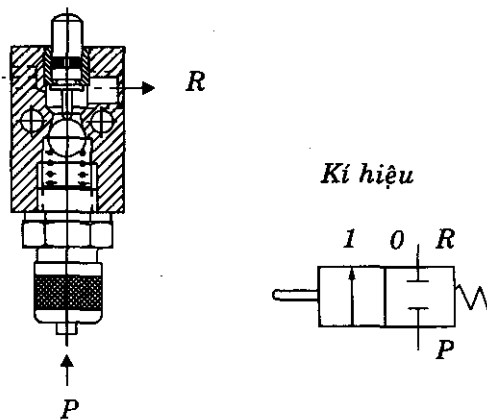


Hình 4.8 Tín hiệu tác động

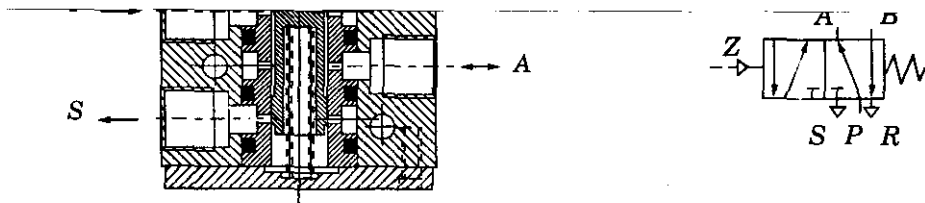
4. Van đảo chiều có vị trí “không”

Van đảo chiều có vị trí “không” là loại van có tác động bằng cơ – lò xo lên nòng van và kí hiệu lò xo nằm ngay vị trí bên cạnh ô vuông phía bên phải của kí hiệu van. Tác động lên phía đối diện nòng van (ô vuông phía bên trái kí hiệu của van) là tín hiệu tác động bằng cơ, bằng khí nén hay bằng điện. Chừng nào chưa có tác động lên phía bên trái nòng van, thì các cửa nối của van trong lúc lắp ráp mạch khí nén tương ứng vị trí ô vuông nằm bên phải, quy tắc này có giá trị cho loại van đảo chiều 2 vị trí. Loại van có 3 vị trí thì vị trí “không” nằm ô vuông ở giữa.

– Van đảo chiều 2/2, tác động cơ học – dầu dò (hình 4.9). Van có 2 cửa P và R, 2 vị trí 0 và 1. Vị trí 0 của P và R bị chặn. Nếu dầu dò tác động vào, từ vị trí 0 van sẽ được chuyển đổi sang vị trí 1, như vậy cửa P và R sẽ nối với nhau. Khi dầu dò không còn tác động nữa, thì van sẽ quay trở về vị trí ban đầu, vị trí “không” bằng lực nén lò xo.

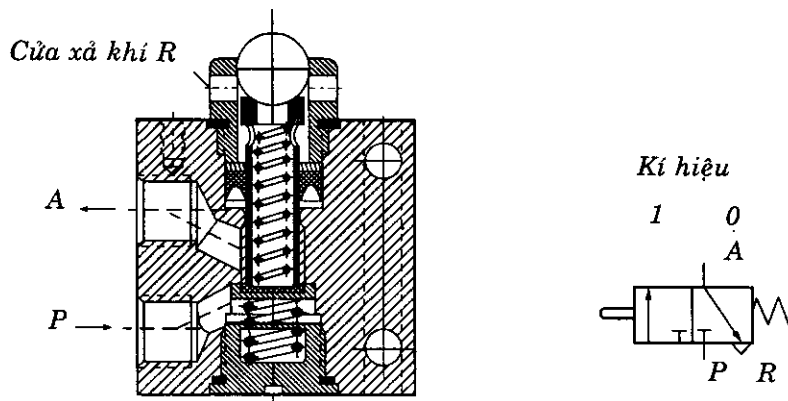


Hình 4.9 Van đảo chiều 2/2 (hãng Festo)



Hình 4.14 Van đảo chiều 5/2, tác động bằng khí nén (hãng Herion)

– **Van đảo chiều 3/2**, tác động cơ học – *đầu dò* (hình 4.10) : van có 3 cửa P, A và R, có 2 vị trí 0 và 1. Vị trí 0 cửa P bị chặn, cửa A nối với cửa R. Nếu đầu dò tác động vào, từ vị trí 0 van sẽ được chuyển đổi sang vị trí 1, như vậy cửa P và A sẽ nối với nhau, cửa R bị chặn. Khi đầu dò không còn tác động nữa, thì van sẽ quay trở về vị trí ban đầu, vị trí “không” bằng lực nén lò xo.



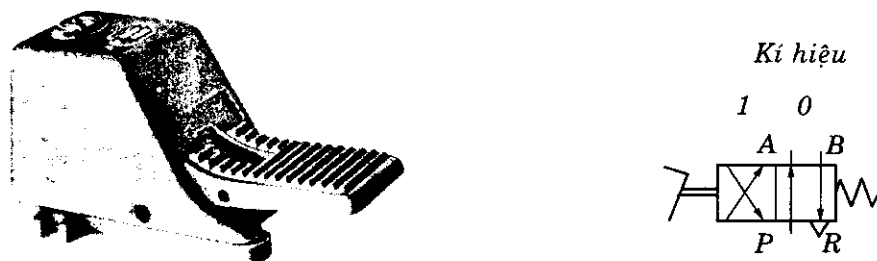
Hình 4.10 Van đảo chiều 3/2 (hãng Festo)

– **Van đảo chiều 3/2**, tác động bằng tay – *nút ấn*, trình bày ở hình 4.11.



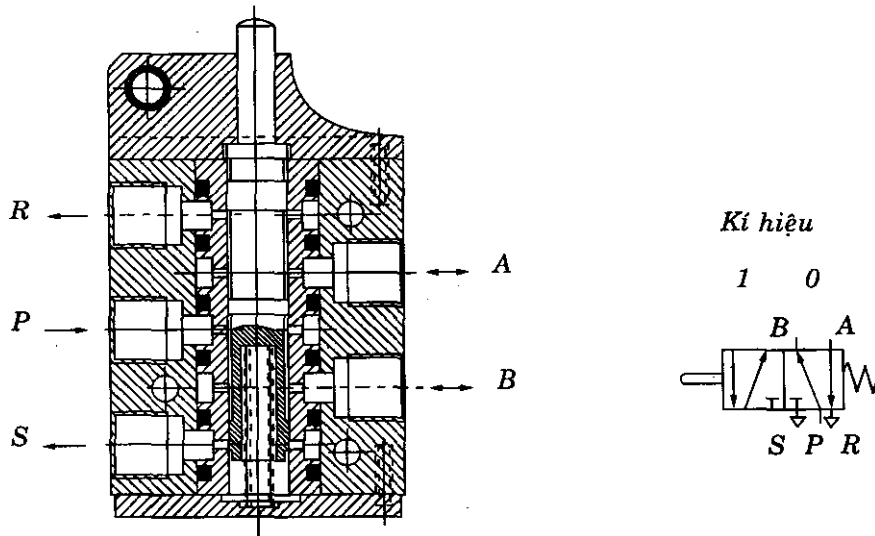
Hình 4.11 Van đảo chiều 3/2

– **Van đảo chiều 4/2**, tác động bằng tay – *bàn đạp*, trình bày ở hình 4.12.



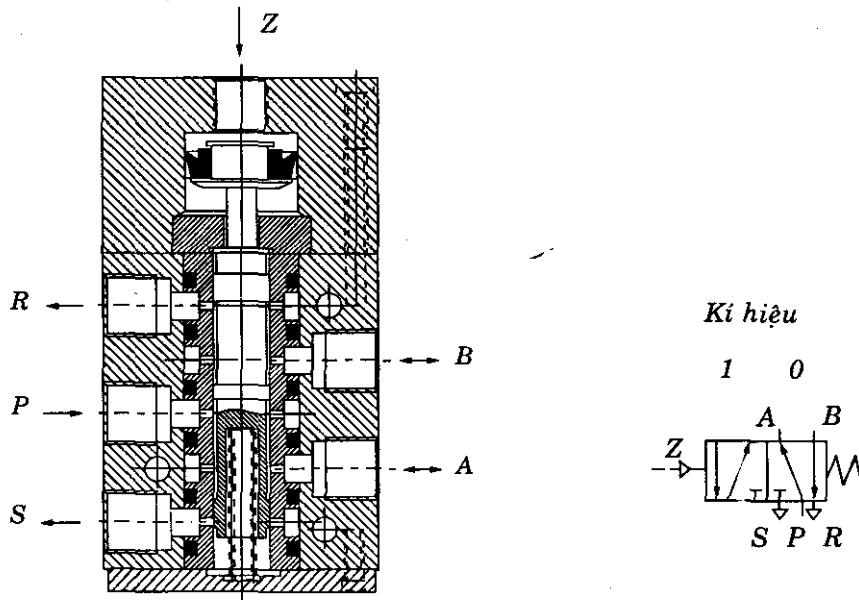
Hình 4.12 Van đảo chiều 4/2

– Van đảo chiều 5/2, tác động bằng cơ – dầu dò (hình 4.13) : tại vị trí “không” của P nối với cửa B, cửa A nối với R và cửa S bị chặn. Khi dầu dò tác động (bị đè xuống) van sẽ chuyển sang vị trí 1, lúc này cửa P nối với cửa A, cửa B nối với cửa S và cửa R bị chặn.



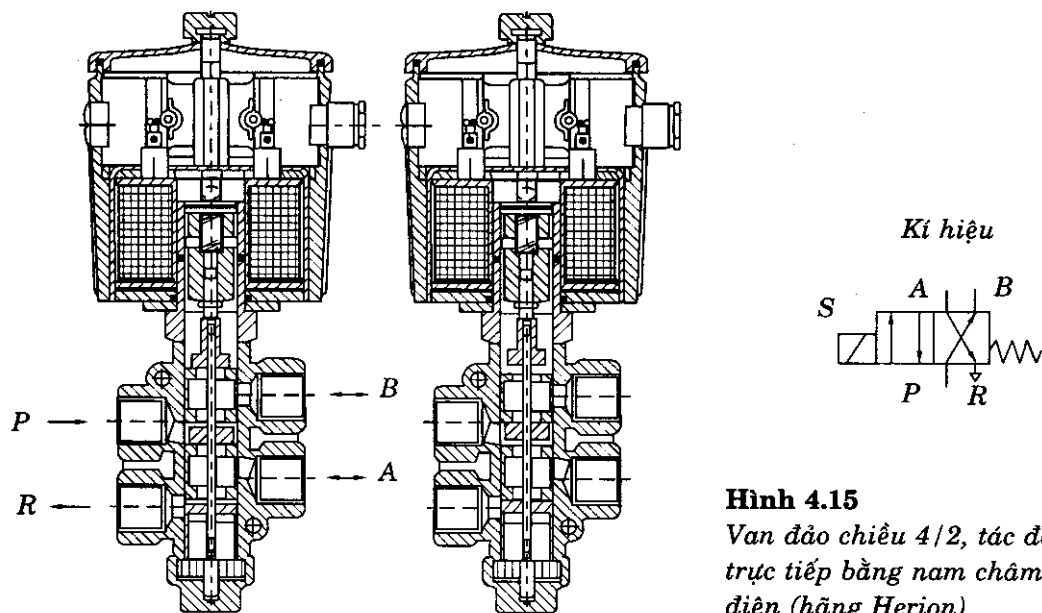
Hình 4.13 Van đảo chiều 5/2 (hãng Herion)

– Van đảo chiều 5/2, tác động bằng khí nén (hình 4.14) : tại vị trí “không” của P nối với cửa A, cửa B nối với R và cửa S bị chặn. Khi dòng khí nén Z tác động vào, nòng pittông bị đẩy xuống, van sẽ chuyển sang vị trí 1, lúc này cửa P nối với cửa B, cửa A nối với cửa S và cửa R bị chặn.



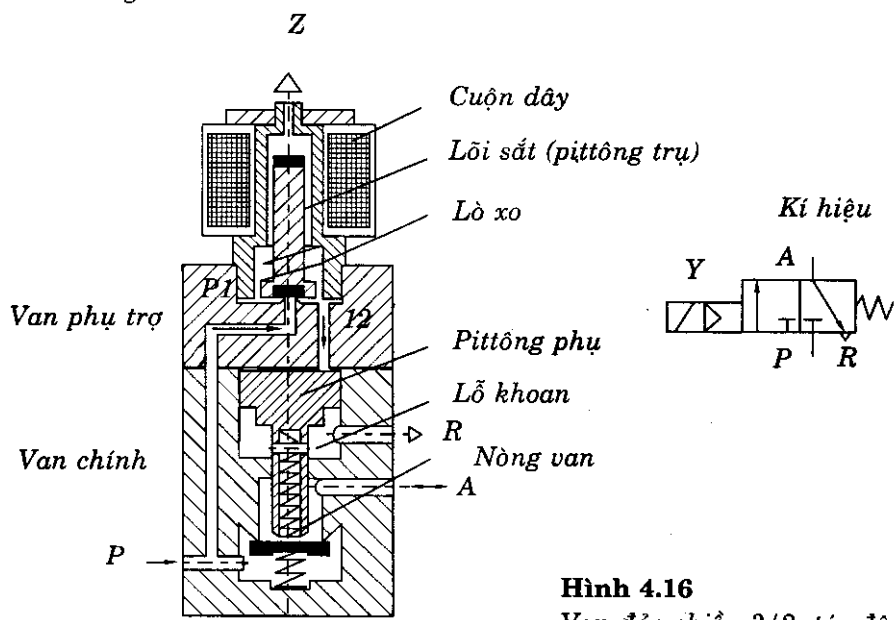
Hình 4.14 Van đảo chiều 5/2, tác động bằng khí nén (hãng Herion)

– Van đảo chiều 4/2, tác động trực tiếp bằng nam châm điện (hình 4.15) : tại vị trí “không” cửa P nối với cửa B, cửa A nối với R. Khi dòng điện vào cuộn dây, nòng pittông bị kéo lên, van sẽ chuyển sang vị trí 1, lúc này cửa P nối với cửa A, cửa B nối với cửa R.



Hình 4.15
Van đảo chiều 4/2, tác động trực tiếp bằng nam châm điện (hãng Herion)

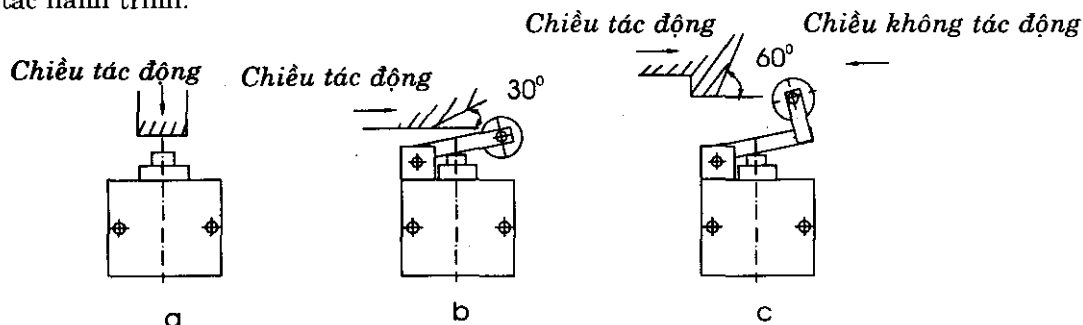
– Van đảo chiều 3/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ (hình 4.16) : tại vị trí “không” cửa P bị chặn, cửa A nối với R. Khi dòng điện vào cuộn dây, pittông trụ bị kéo lên, khí nén sẽ theo hướng P, 12 tác động lên pittông phụ, pittông phụ bị đẩy xuống, van sẽ chuyển sang vị trí 1, lúc này cửa P nối với cửa A, cửa R bị chặn. Khi dòng điện mất đi, pittông trụ bị lò xo kéo xuống và khí nén ở phần trên pittông phụ sẽ theo cửa Z thoát ra ngoài.



Hình 4.16
Van đảo chiều 3/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ

– Công tắc hành trình (cữ chặn) :

Chiều tác động lên đầu dò (hình 4.17a) là cùng hướng với khoảng chạy của đầu dò. Chiều tác động lên công tắc hành trình bằng con lăn tác động 2 chiều được mô tả ở hình 4.17b. Đối với công tắc hành trình (cữ chặn) bằng con lăn tác động một chiều (hình 4.17c), khi chiều tác động từ phải qua trái, con lăn bị xoay, không có tín hiệu tác động lên công tắc hành trình.



- a. Đầu dò
b. Cữ chặn bằng con lăn tác động 2 chiều
c. Cữ chặn bằng con lăn tác động một chiều

Hình 4.17 Chiều tác động của các loại con lăn

5. Van đảo chiều không có vị trí “không”

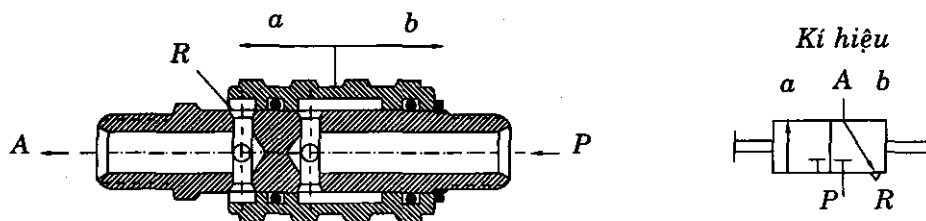
Van đảo chiều không có vị trí “không” là loại van, sau khi tín hiệu tác động lần cuối lên nòng van không còn nữa, thì van sẽ giữ nguyên vị trí lần đó, chừng nào chưa có tác động lên phía đối diện nòng van. Vị trí tác động được kí hiệu a, b, c...

Tác động lên nòng van có thể là :

- tác động bằng tay, bàn đạp
- tác động bằng dòng khí nén điều khiển đi vào hay đi ra từ 2 phía nòng van.
- tác động trực tiếp bằng điện từ hay gián tiếp bằng dòng khí nén đi qua van phụ trợ.

Loại van đảo chiều chịu tác động bằng dòng khí nén điều khiển đi vào hay đi ra từ 2 phía nòng van hay tác động trực tiếp bằng điện từ hoặc gián tiếp bằng dòng khí nén đi qua van phụ trợ được gọi là *van đảo chiều xung*, bởi vì vị trí của van được thay đổi khi có tín hiệu xung tác động lên nòng van.

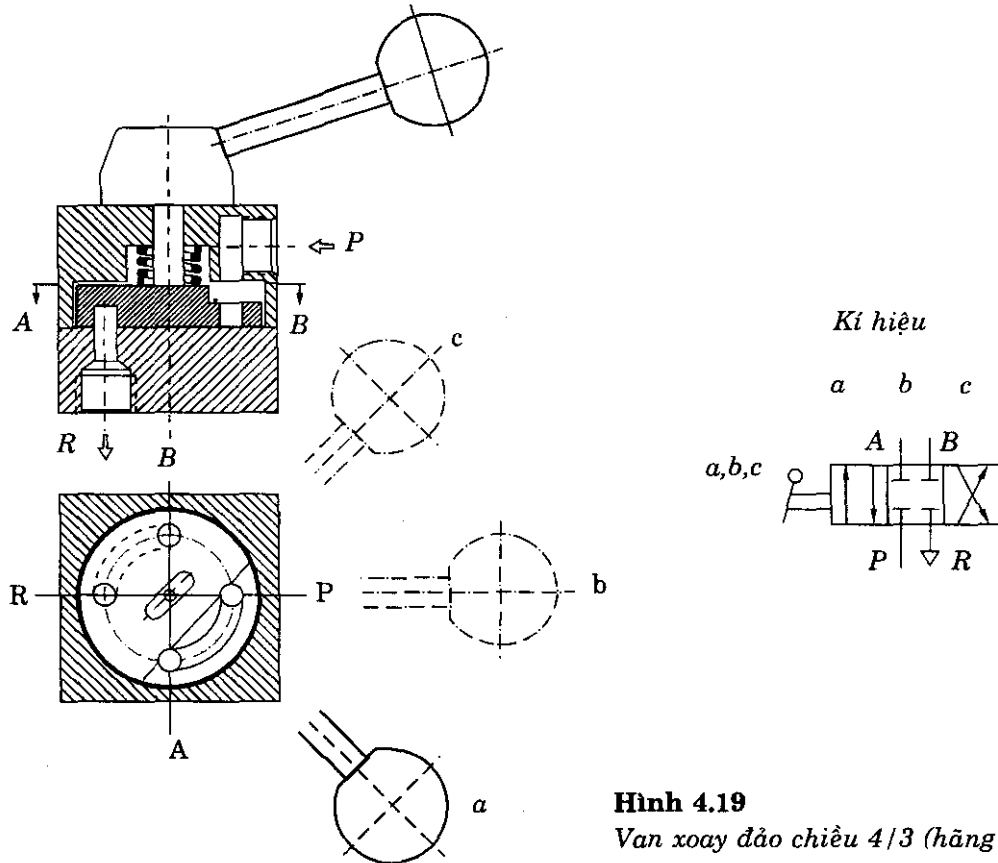
– *Van trượt đảo chiều 3/2*, tác động bằng tay được mô tả ở hình 4.18



Hình 4.18 Van trượt đảo chiều 3/2 (hãng Festo)

Khi dịch chuyển ống lót sang vị trí *a*, thì cửa P nối cửa A và cửa R bị chặn. Khi dịch chuyển ống lót sang vị trí *b*, thì cửa A nối cửa R và cửa P bị chặn.

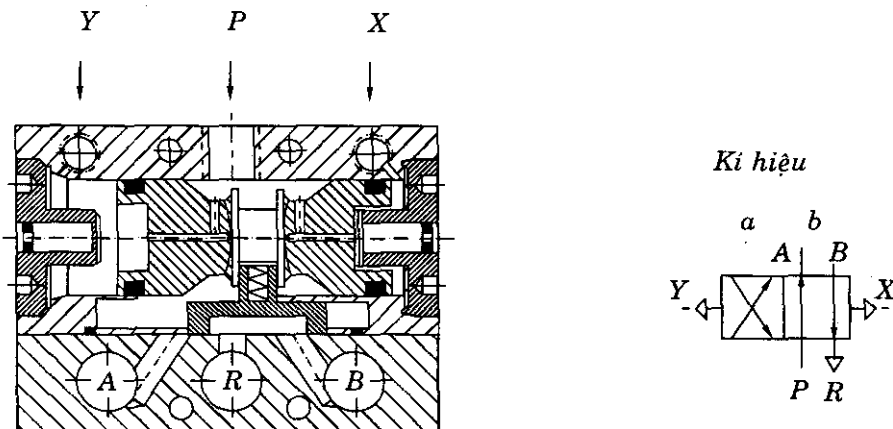
– *Van xoay đảo chiều 4/3*, tác động bằng tay (hình 4.19) : nếu vị trí xoay nằm tại vị trí *a*, thì cửa P nối với cửa A và cửa B nối cửa R. Vị trí xoay nằm tại vị trí *b*, thì các cửa nối A,B,P,R đều bị chặn. Vị trí xoay nằm tại vị trí *c*, thì cửa P nối với cửa B và cửa A nối cửa R.



Hình 4.19

Van xoay đảo chiều 4/3 (hãng Festo)

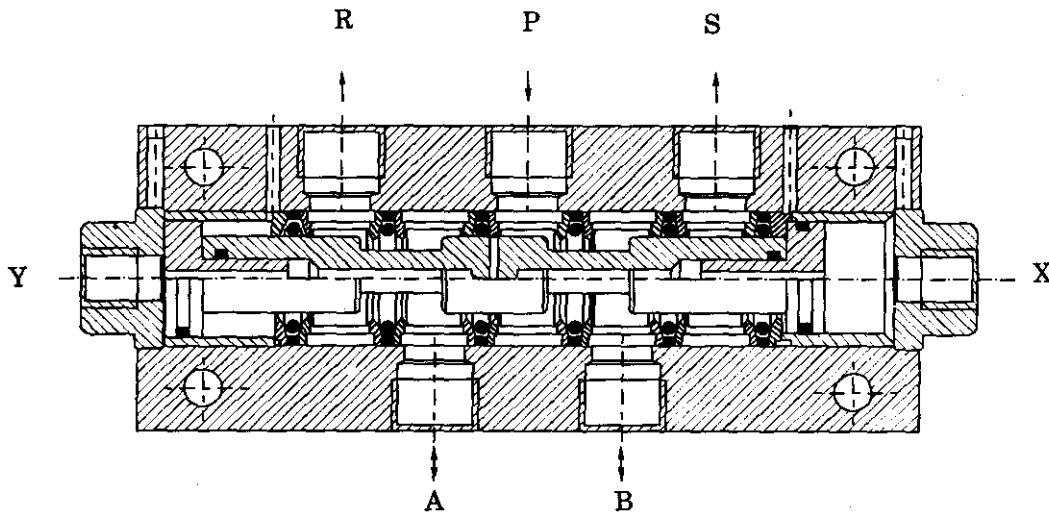
– *Van đảo chiều xung 4/2* tác động bằng dòng khí nén điều khiển đi ra từ 2 phía



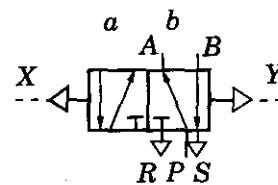
Hình 4.20 *Van trượt đảo chiều 4/2 (hãng Festo)*

nòng van (hình 4.20) : hai phía nòng van được khoan lỗ có đường kính $\phi 1$ mm và thông với cửa P. Khi có áp suất ở cửa P, dòng khí nén điều khiển sẽ vào cả 2 phía đối diện nòng van qua lỗ và nòng van ở vị trí cân bằng. Khi cửa X được cửa xả khí, nòng van sẽ dịch chuyển sang vị trí b, cửa P nối với cửa A và cửa B nối với cửa R. Khi cửa X ngừng xả khí, thì vị trí của nòng van vẫn nằm ở vị trí b, chừng nào chưa có tín hiệu xả khí ở cửa nối Y.

- Van đảo chiều xung 5/2, tác động bằng dòng khí nén điều khiển đi ra từ 2 phía nòng van (hình 4.21) : nguyên tắc hoạt động cũng tương tự giống van đảo chiều xung 4/2, tác động bằng dòng khí nén điều khiển đi ra từ 2 phía nòng van.

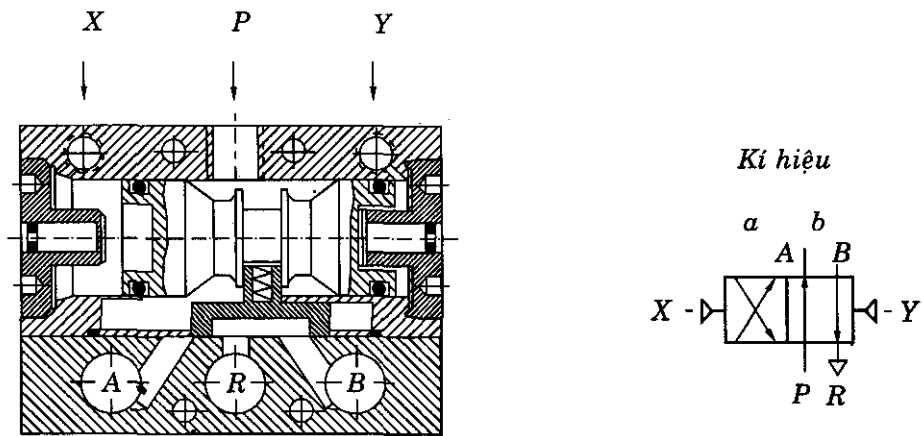


Kí hiệu



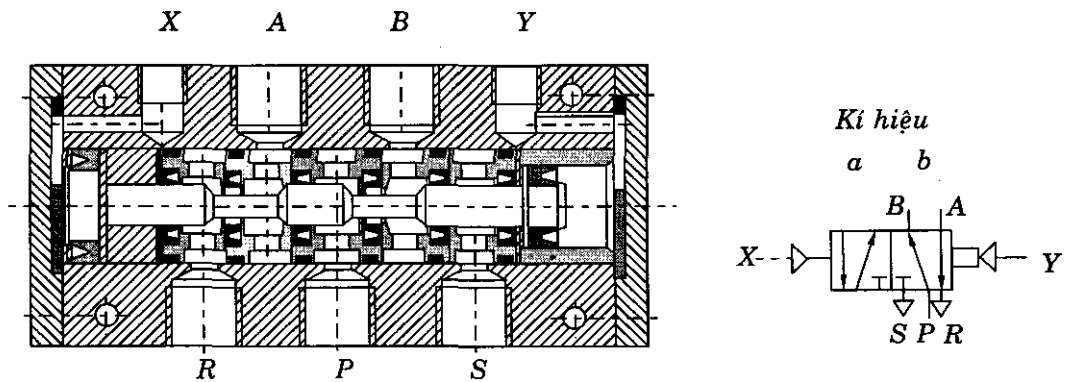
Hình 4.21 Van trượt đảo chiều 5/2 (hãng Drumag)

- Van đảo chiều xung 4/2, tác động bằng dòng khí nén điều khiển đi vào 2 phía nòng van (hình 4.22) : khi có tác động tín hiệu xung X, nòng van dịch chuyển sang phía phải, kí hiệu vị trí b, cửa P nối với cửa A và cửa B nối với cửa R. Khi tín hiệu xung X mất đi; vị trí của van vẫn ở b, cho đến chừng nào chưa có tác động tín hiệu xung Y.



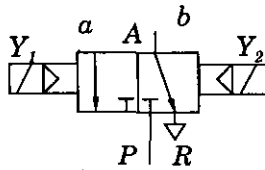
Hình 4.22 Van trượt đảo chiều 4/2 (hãng Festo)

- Van đảo chiều xung 5/2, tác động bằng dòng khí nén vào với đường kính 2 đầu nòng van khác nhau (hình 4.23) : khi có tín hiệu xung Y tác động vào phía phải nòng van, kí hiệu vị trí *b*, cửa P nối với cửa B và cửa A nối với cửa R, cửa S bị chặn. Khi tín hiệu xung Y mất đi, vị trí của van vẫn là vị trí *b*. Khi có tín hiệu xung X tác động vào phía trái nòng van, kí hiệu vị trí *a*, cửa P nối với cửa A và cửa B nối với cửa S, cửa R bị chặn. Như vậy vị trí chuyển đổi của van thực hiện được, khi một trong hai tín hiệu tác động xung mất đi. Tuy nhiên khả năng chuyển đổi từ vị trí *b* sang vị trí *a* vẫn thực hiện được, khi tín hiệu cả hai tác động xung Y và X cùng đồng thời, bởi vì lực tác động lên phía trái nòng van lớn hơn lực tác động lên phía phải nòng van.



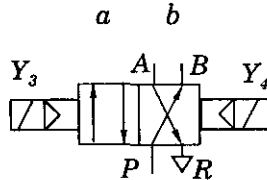
Hình 4.23 Van trượt đảo chiều 5/2 (hãng Bosch)

- Van đảo chiều xung 3/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ, xem hình 4.24.



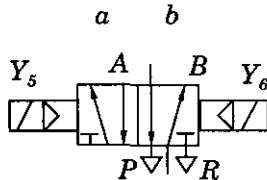
Hình 4.24 Van đảo chiều xung 3/2

– Van đảo chiều xung 4/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ, xem hình 4.25.



Hình 4.25 Van đảo chiều xung 4/2

– Van đảo chiều xung 5/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ, xem hình 4.26.



Hình 4.26 Van đảo chiều xung 5/2

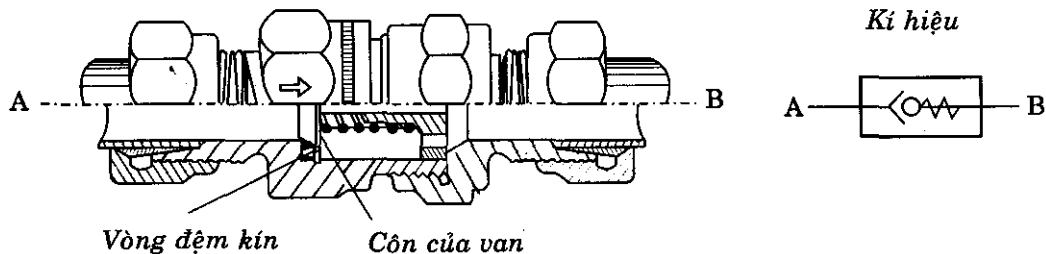
III- VAN CHẮN

Van chặn là loại van chỉ cho lưu lượng khí nén đi qua một chiều, chiều ngược lại bị chặn. Áp suất dòng chảy tác động lên bộ phận chặn của van và như vậy van được đóng lại. Van chặn gồm các loại sau [15] :

- Van một chiều
- Van logic OR
- Van logic AND
- Van xả khí nhanh

1. Van một chiều

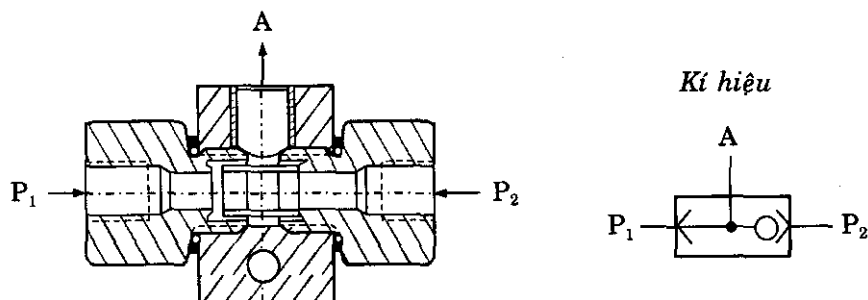
Van một chiều có tác dụng chỉ cho lưu lượng khí nén đi qua một chiều, chiều ngược lại bị chặn. Nguyên lý hoạt động và kí hiệu van một chiều (hình 4.27) : dòng khí nén đi từ A qua B, chiều từ B qua A dòng khí nén bị chặn.



Hình 4.27 Van một chiều

2. Van logic OR

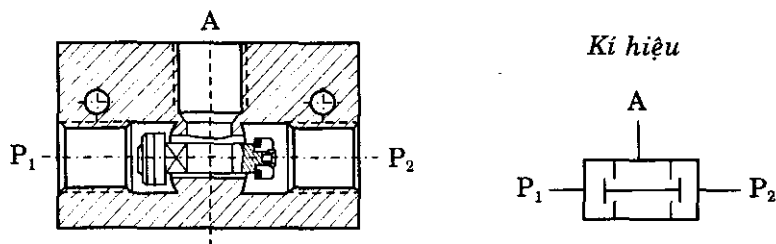
Nguyên lí hoạt động và kí hiệu *van logic OR* (hình 4.28) : khi có dòng khí nén qua cửa P_1 , sẽ đẩy pittông trụ của van sang vị trí bên phải, chặn cửa P_2 , như vậy cửa P_1 nối với cửa A. Hoặc là khi có dòng khí nén qua cửa P_2 , sẽ đẩy pittông trụ của van sang vị trí bên trái, chặn cửa P_1 , như vậy cửa P_2 nối với cửa A. Như vậy *van logic OR* có chức năng là nhận tín hiệu điều khiển ở những vị trí khác nhau trong hệ thống điều khiển.



Hình 4.28 Van logic OR

3. Van logic AND

Nguyên lí hoạt động và kí hiệu *van logic AND* (hình 4.29) : khi có dòng khí nén qua cửa P_1 , sẽ đẩy pittông trụ của van sang vị trí bên phải, như vậy cửa P_1 bị chặn. Hoặc là khi có dòng khí nén qua cửa P_2 , sẽ đẩy pittông trụ của van sang vị trí bên trái, cửa P_2 bị chặn. Nếu dòng khí nén *đồng thời* đi qua cửa P_1 và P_2 , cửa A sẽ nhận được tín hiệu, tức là khí nén sẽ đi qua cửa A. Như vậy *van logic AND* có chức năng là nhận tín hiệu điều khiển cùng một lúc ở những vị trí khác nhau trong hệ thống điều khiển.

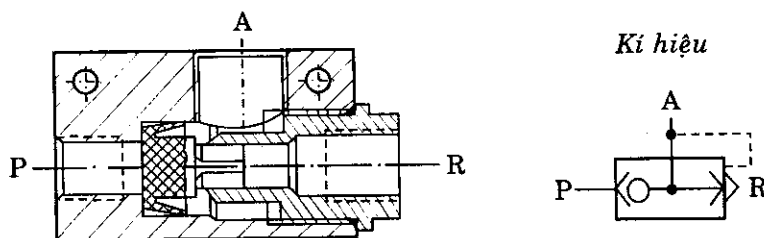


Hình 4.29 Van logic AND

4. Van xả khí nhanh

Khi dòng khí nén đi qua cửa P, sẽ đẩy pittông trụ sang phải, chặn cửa R, như vậy cửa P nối với cửa A. Trường hợp ngược lại, khi dòng khí nén đi từ A, sẽ đẩy pittông trụ sang trái, chặn cửa P và như vậy cửa A nối với cửa R (hình 4.30).

Van xả khí nhanh thường lắp ở vị trí gần cơ cấu chấp hành, ví dụ *pittông*, có nhiệm vụ xả khí nhanh ra ngoài.



Hình 4.30 Van xả khí nhanh

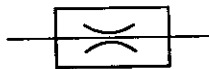
IV. VAN TIẾT LƯU

Van tiết lưu có nhiệm vụ điều chỉnh lưu lượng dòng chảy, tức là điều chỉnh vận tốc hoặc thời gian chạy của cơ cấu chấp hành. Phần tính toán được trình bày trong chương I. Ngoài ra van tiết lưu cũng có nhiệm vụ điều chỉnh thời gian chuyển đổi vị trí của van đảo chiều (xem tiếp những phần sau).

Nguyên lí làm việc của van tiết lưu là lưu lượng dòng chảy qua van phụ thuộc vào sự thay đổi tiết diện. Phần tiếp theo giới thiệu một số loại van tiết lưu.

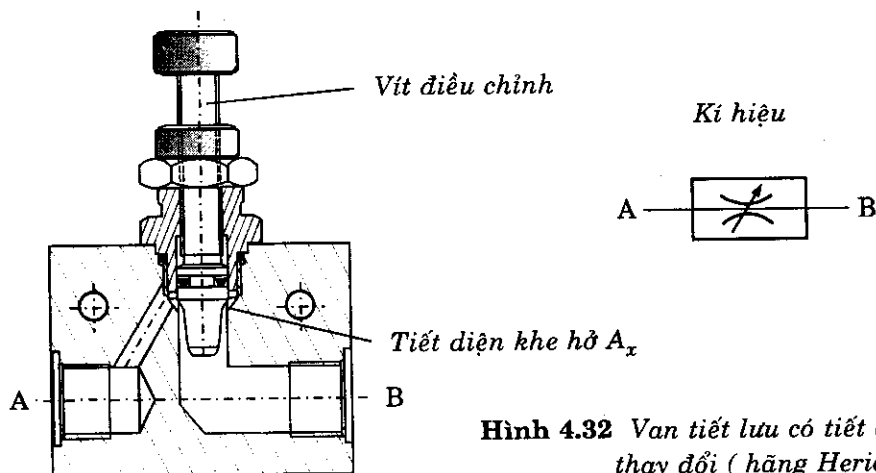
1. Van tiết lưu có tiết diện thay đổi

– Lưu lượng dòng chảy qua khe hở của van có tiết diện không thay đổi, được kí hiệu như trên hình 4.31.



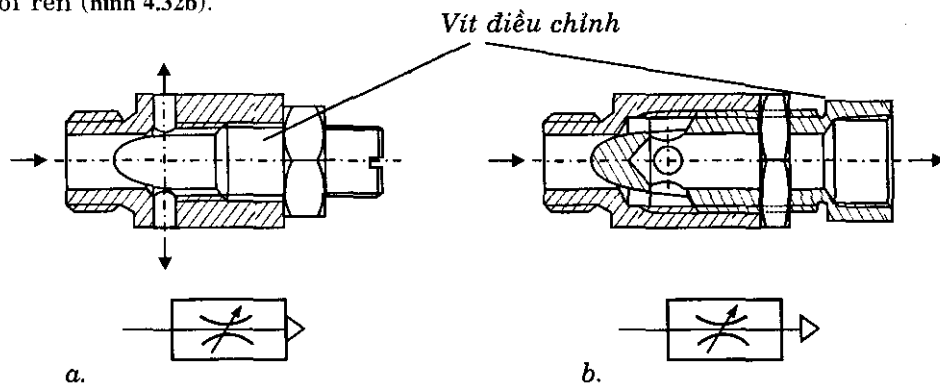
Hình 4.31 Kí hiệu van tiết lưu có tiết diện không thay đổi

– Van tiết lưu có tiết diện thay đổi điều chỉnh được lưu lượng dòng qua van. Hình 4.32 là nguyên lí hoạt động và kí hiệu của van tiết lưu có tiết diện thay đổi, tiết lưu được cả 2 chiều, dòng khí nén đi từ A qua B và ngược lại. Tiết diện A_x thay đổi bằng vít điều chỉnh.



Hình 4.32 Van tiết lưu có tiết diện thay đổi (hãng Herion)

– Van tiết lưu lắp trực tiếp trên cửa S và R của van đảo chiều, để điều chỉnh vận tốc ở đường ra của cơ cấu chấp hành, ví dụ vận tốc của pittông (hình 4.33). Khí nén xả trực tiếp ra không khí (hình 4.32a) và khí nén xả ra qua bộ phận giảm chấn lắp vào ở mối nối ren (hình 4.32b).



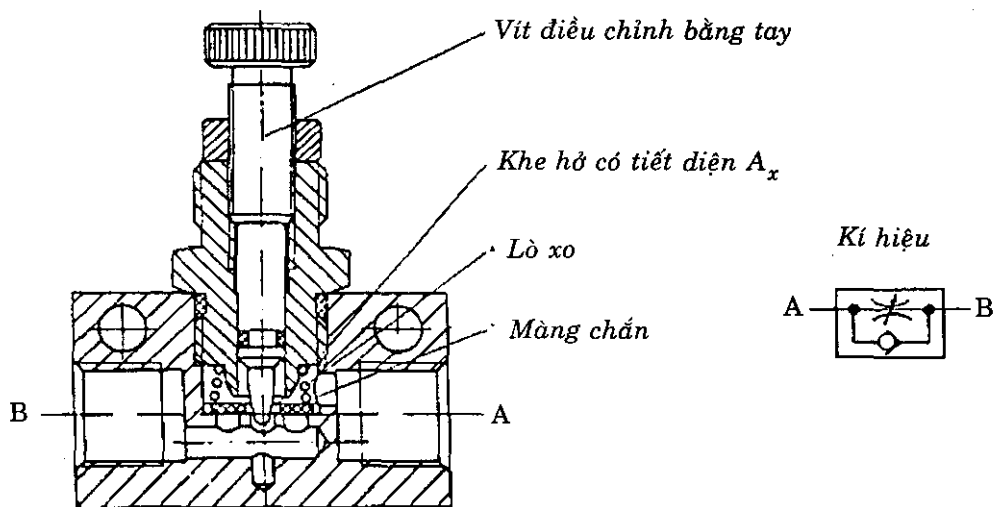
Hình 4.33 Van tiết lưu :

a. Không có mối nối ren (hãng Bosch)

b. Có mối nối ren (hãng Bosch)

2. Van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng tay

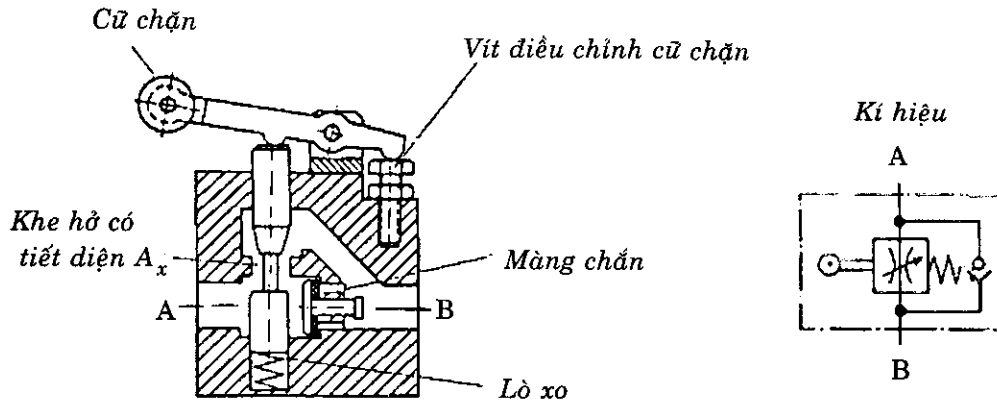
Nguyên lí hoạt động và kí hiệu của *van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng tay* (hình 4.34) : tiết diện chảy A_x thay đổi bằng điều chỉnh *vít điều chỉnh bằng tay*. Khi dòng khí nén từ A qua B, lò xo đẩy màng chắn xuống và dòng khí nén chỉ đi qua tiết diện A_x . Khi dòng khí nén đi từ B sang A, áp suất khí nén thắng lực lò xo, đẩy màng chắn lên và như vậy dòng khí nén sẽ đi qua khoảng hở giữa màng chắn và mặt tựa màng chắn, lưu lượng không được điều chỉnh.



Hình 4.34 Van tiết lưu một chiều (hãng Bosch)

3. Van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng cỡ chặn

Vận tốc của xilanh trong quá trình chuyển động với những hành trình khác nhau tương ứng vận tốc khác nhau, thường chọn *van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng cỡ chặn* (hình 4.35). Nguyên lý hoạt động của *van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng cỡ chặn* cũng tương tự như *van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng tay*. Khi điều chỉnh *vít điều chỉnh* cỡ chặn, tức là điều chỉnh được tiết diện chảy A_x .

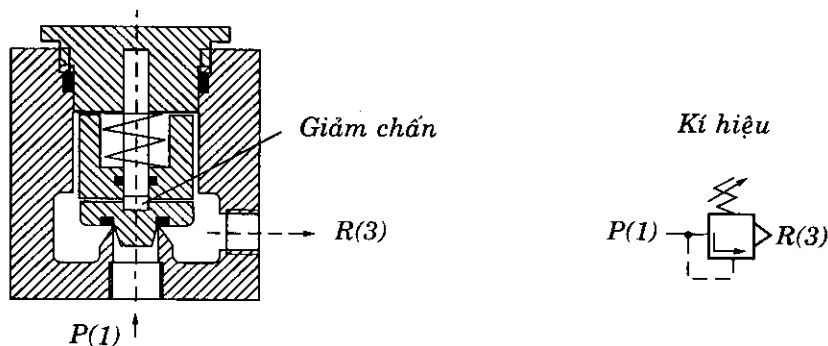


Hình 4.35 Van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng cỡ chặn (hãng Festo)

V. VAN ÁP SUẤT

1. Van an toàn

Van an toàn có nhiệm vụ giữ áp suất lớn nhất mà hệ thống có thể tải. Khi áp suất lớn hơn áp suất cho phép của hệ thống, thì dòng áp suất khí nén sẽ thắng lực lò xo, và như vậy khí nén sẽ theo cửa R ra ngoài không khí. (hình 4.36)

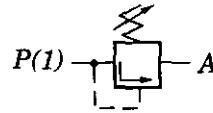


Hình 4.36 Van an toàn

2. Van tràn

Nguyên tắc hoạt động của van tràn tương tự như van an toàn. Nhưng chỉ khác ở chỗ là khi áp suất ở cửa P đạt được giá trị xác định, thì cửa P sẽ nối với cửa A, nối với hệ thống điều khiển. Ký hiệu như trên hình 4.37.

Hình 4.37 Kí hiệu van tràn

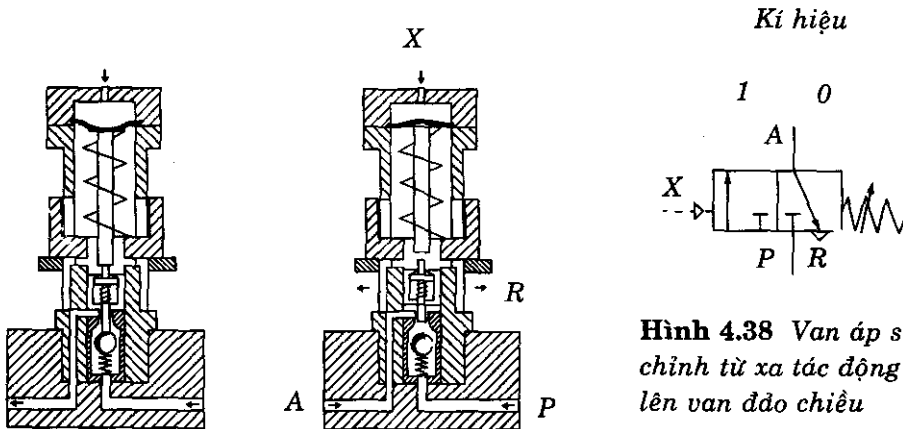


3. Van điều chỉnh áp suất (van giảm áp)

Nguyên lý hoạt động, cấu tạo và kí hiệu van điều chỉnh áp suất (van giảm áp) được trình bày ở chương II, mục II-3.

4. Van áp suất điều chỉnh từ xa

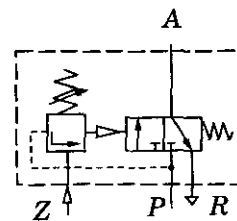
Nguyên lý hoạt động và cấu tạo của van áp suất điều chỉnh từ xa (hình 4.38) : khi có tín hiệu áp suất X (có thể từ một nguồn khí nén khác) tác động, thì cửa P nối với cửa A .



Hình 4.38 Van áp suất điều chỉnh từ xa tác động trực tiếp lên van đảo chiều

Tín hiệu tác động X có thể trực tiếp lên van đảo chiều (hình 4.38) hay tín hiệu tác động gián tiếp Z qua van tràn (hình 4.39).

Hình 4.39 Van áp suất điều chỉnh từ xa tác động gián tiếp qua van tràn

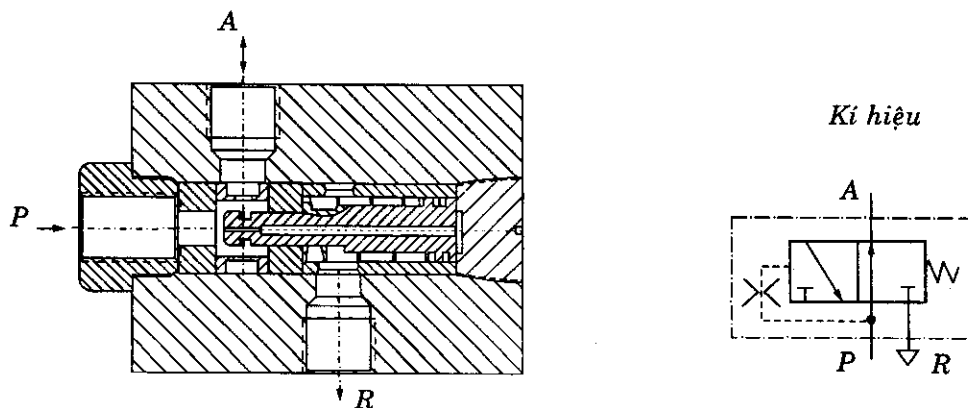


5. Bộ chuyển đổi xung

Bộ chuyển đổi xung có nhiệm vụ chuyển đổi tín hiệu liên tục (lưu lượng dòng khí nén) thành những tín hiệu rời rạc – xung chuyển mạch ngắn (lưu lượng khí nén được đóng, mở theo xung tác động).

Dòng khí nén đi từ cửa P qua A (hình 4.40). Đồng thời dòng khí nén cũng qua lỗ nhỏ của pittông (nòng van) và sẽ đẩy nòng van từ từ sang trái, cho đến khi cửa P và cửa A bị chặn. Thời gian bị chặn trong vòng 1 giây. Tại vị trí này của nòng van, cửa A thông với cửa R .

Khi dòng khí nén ở cửa P không còn nữa, dòng khí nén phía sau nòng van sẽ được thoát ra và dưới tác dụng của lực lò xo đẩy nòng van trở về vị trí ban đầu.



Hình 4.40 Bộ chuyển đổi xung

6. Rơle áp suất

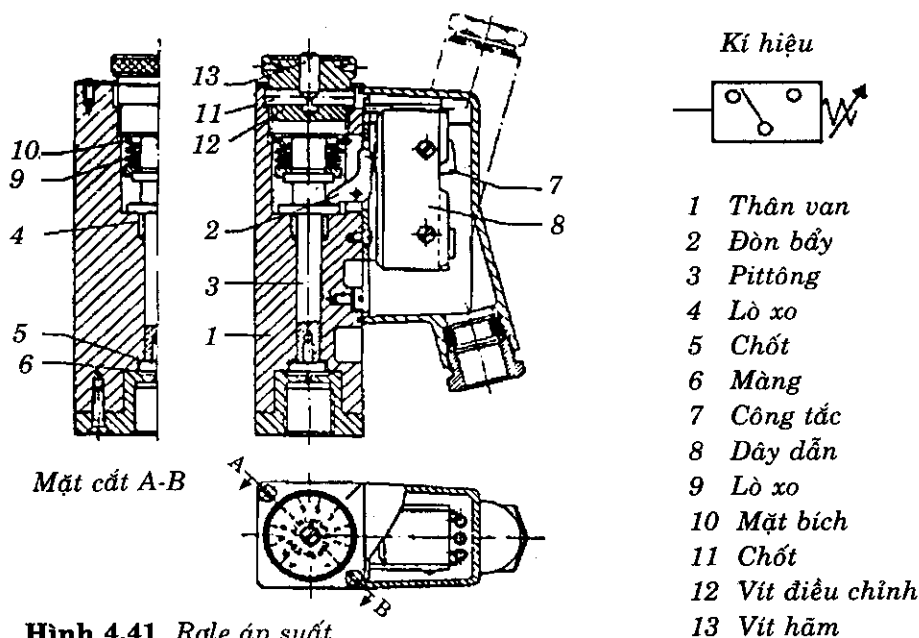
Rơle áp suất có nhiệm vụ đóng, mở công tắc điện, khi áp suất trong hệ thống vượt quá mức yêu cầu. Nguyên lý hoạt động, cấu tạo và kí hiệu rơle áp suất, xem hình 4.41.

Trong hệ thống điều khiển *điện – khí nén*, rơle áp suất có thể coi như là phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén – điện. Công tắc điện đóng, mở tương ứng với những giá trị áp suất khác nhau có thể điều chỉnh bằng vít điều chỉnh 12 (hình 4.41).

VI. VAN ĐIỀU CHỈNH THỜI GIAN

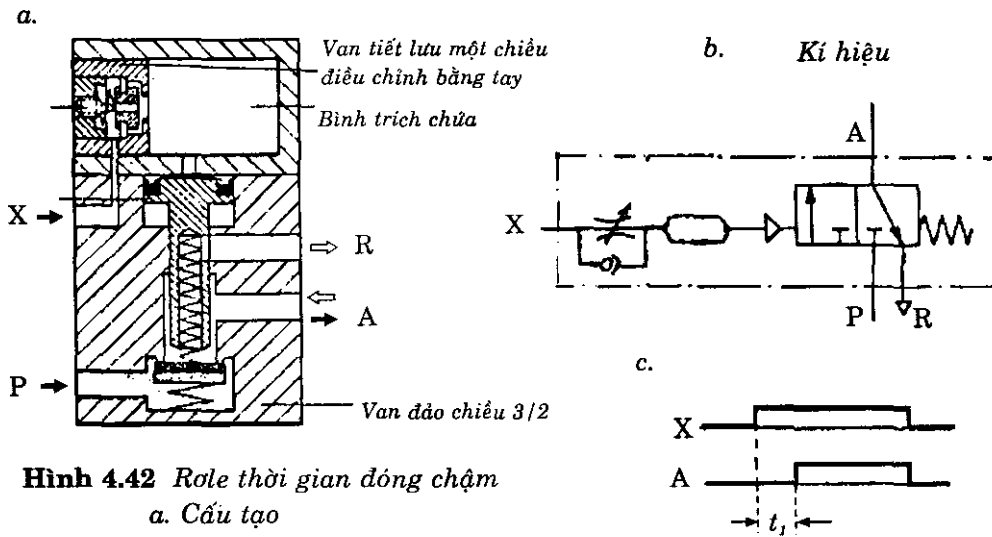
1. Rơle thời gian đóng chậm

Rơle thời gian đóng chậm gồm cụm các phần tử : *van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng tay, bình trích chứa, van đảo chiều 3/2 ở vị trí “không” của P bị chặn* (hình 4.42). Nguyên lý hoạt động của rơle đóng chậm hoạt động như sau :



Hình 4.41 Rơle áp suất

Khí nén qua van tiết lưu một chiều, cần thời gian t_1 để làm đầy bình chứa, sau đó tác động lên nòng van đảo chiều, van đảo chiều chuyển đổi vị trí, cửa P nối với cửa A (hình 4.42)



Hình 4.42 Role thời gian đóng chậm

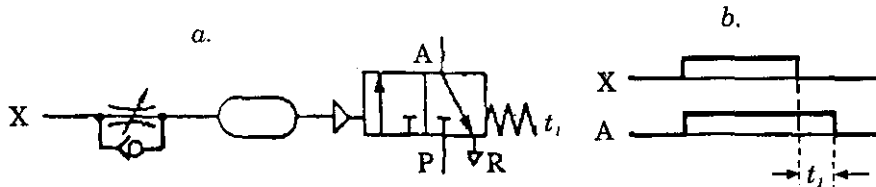
a. Cấu tạo

b. Kí hiệu

c. Biểu đồ thời gian

2. Role thời gian ngắt chậm

Role thời gian ngắt chậm, nguyên lí, cấu tạo cũng tương tự như role thời gian đóng chậm, nhưng van tiết lưu một chiều có chiều ngược lại (hình 4.43).



Hình 4.43 Role thời gian ngắt chậm

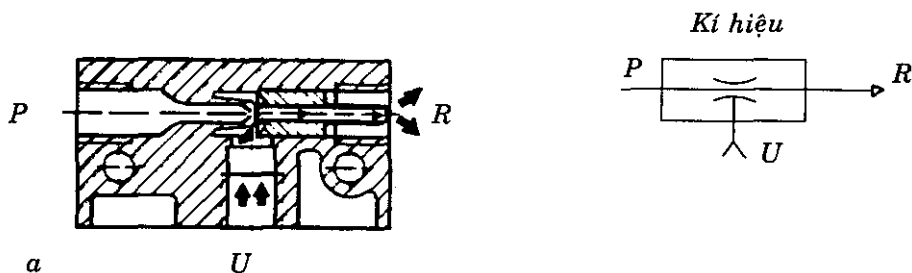
a. Kí hiệu

b. Biểu đồ thời gian

VII. VAN CHÂN KHÔNG

Van chân không là cơ cấu có nhiệm vụ hút và giữ chi tiết (ví dụ : trong các dây chuyền lắp ráp...) bằng lực hút chân không.

Chân không được tạo ra bằng bơm chân không hay bằng nguyên lí ống Venturi. Trong phần này chỉ đề cập tới tạo chân không bằng nguyên lí Venturi (hình 4.44a). Khí nén với áp suất p trong khoảng 1,5 bar – 10 bar sẽ qua ống Venturi và theo cửa R thoát ra ngoài. Tại phần cuối của ống Venturi chân không sẽ được tạo thành. Như vậy cửa nối U sẽ tạo ra chân không.

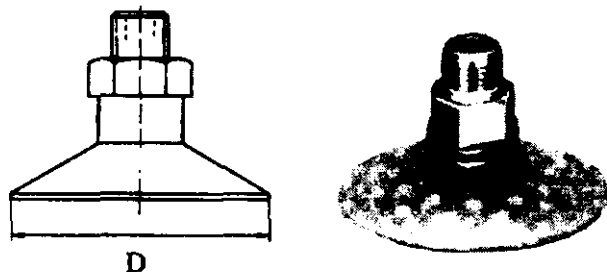


Hình 4.44 Van chân không

a. Nguyên lý hoạt động

b. Kí hiệu

Cửa U nối với đĩa hút (những đĩa dạng tròn làm bằng vật liệu tổng hợp hoặc bằng cao su), ví dụ đĩa hút như ở hình 4.45. Áp suất chân không tại cửa U có thể đạt được đến 0,7 bar, và phụ thuộc vào áp suất p của dòng khí nén.



Hình 4.45 Đĩa hút chân không

Lực hút chân không thông thường đạt được đến 200N, phụ thuộc vào đường kính D của đĩa hút, áp suất chân không được tạo thành tại cửa U :

$$F = \frac{3,14 \cdot D^2}{4} \Delta p$$

$$\Delta p = P_a - P_u$$

Trong đó F : Lực hút chân không [N]

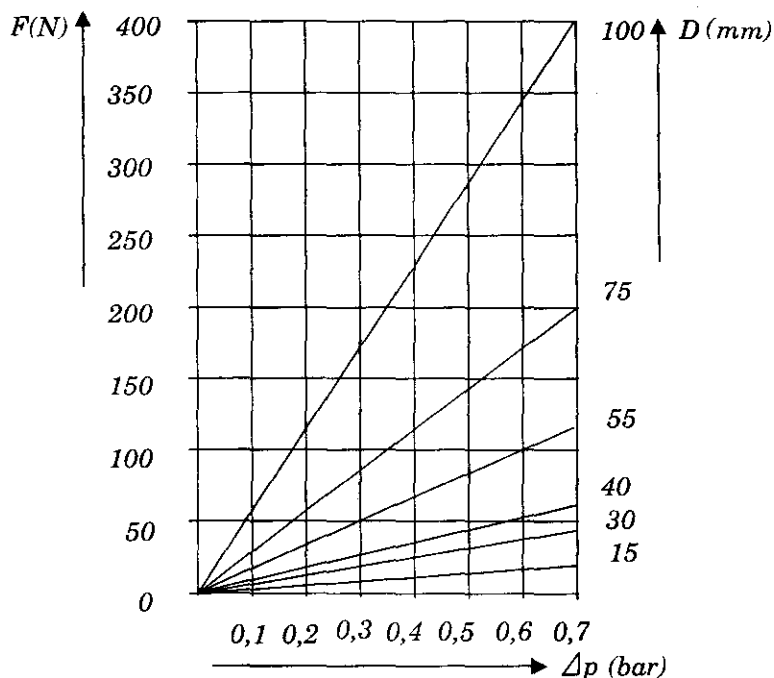
D : Đường kính đĩa hút [m]

P_a : Áp suất không khí ở điều kiện tiêu chuẩn [N/m²]

P_u : Áp suất chân không tại cửa U [N/m²]

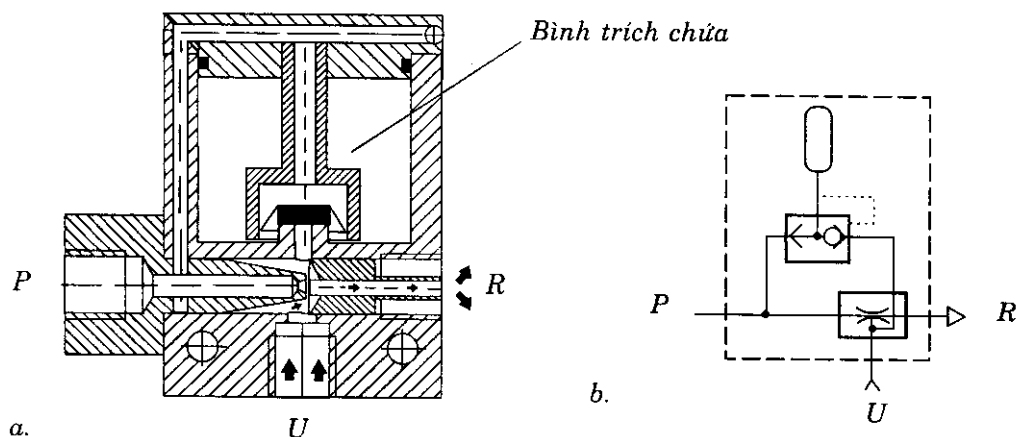
Sự phụ thuộc lực hút, áp suất chân không và đường kính đĩa hút, được biểu diễn ở hình 4.46. Tuy nhiên trong thực tế lực hút chân không F còn phụ thuộc các yếu tố sau:

- Chất lượng bề mặt của chi tiết hút.
- Sự biến dạng và trọng lượng của đĩa hút.
- Ảnh hưởng của lực tác dụng nằm ngang.



Hình 4.46 Sự phụ thuộc lực hút F theo lý thuyết, áp suất chân không và đường kính đĩa hút

Trong trường hợp đối với những chi tiết được hút có *trọng lượng nhỏ, mềm* : sau khi chân không được tạo thành trong buồng kín giữa bề mặt chi tiết và đĩa hút, chi tiết sẽ được nâng lên cho đến chừng nào áp suất trong cửa P vẫn tồn tại. Khi áp suất P không còn, theo nguyên tắc chi tiết sẽ rơi xuống, nhưng đối với chi tiết được hút như trình bày trên sẽ không rơi xuống mà vẫn bị giữ lại dính liền với đĩa hút. Để loại trừ khả năng này, người ta sử dụng thêm *bình trích chứa* (hình 4.47). Trong quá trình tạo chân không tại cửa U, một phần khí nén sẽ được vào bình trích chứa. Khi cửa P không còn áp suất nữa, khí nén trong bình trích chứa sẽ đi ra ngoài theo ống nối đến cửa U để đẩy chi tiết được hút ra khỏi đĩa hút – nguyên tắc hoạt động tương tự như *van thoát khí nhanh*.



Hình 4.47 Van chân không có bình trích chứa

a. Nguyên lý hoạt động

b. Kí hiệu

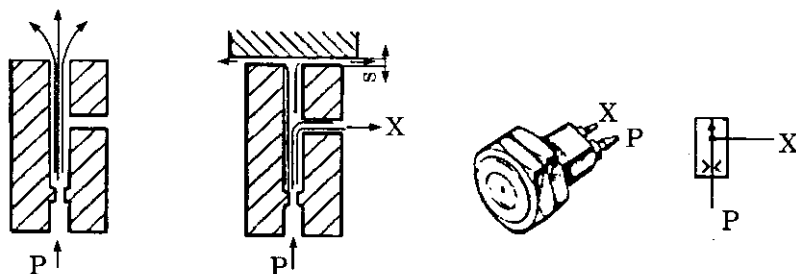
VIII. CẢM BIẾN BẰNG TIA

Cảm biến bằng tia thuộc loại *cảm biến không tiếp xúc*, tức là quá trình cảm biến không có sự tiếp xúc giữa bộ phận cảm biến và chi tiết. Nguyên tắc hoạt động của loại cảm biến bằng tia là dòng khí nén. So với các loại cảm biến không tiếp xúc bằng điện sẽ được trình bày ở những chương sau, cảm biến bằng tia được ứng dụng ở những lĩnh vực mà cảm biến không tiếp xúc bằng điện không thể đảm nhận được, như điều kiện nóng, ảnh hưởng của nước, ảnh hưởng điện trường...

Cảm biến bằng tia có 3 loại chủ yếu : cảm biến bằng tia rẽ nhánh, cảm biến bằng tia phản hồi và cảm biến bằng tia qua khe hở.

1. Cảm biến bằng tia rẽ nhánh

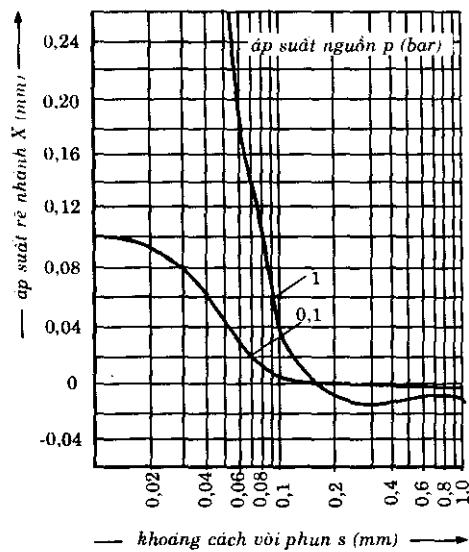
Nguyên lý hoạt động của cảm biến bằng tia rẽ nhánh (hình 4.48) : dòng khí nén sẽ được phát ra ở cửa P (áp suất nguồn), nếu không có vật cản thì dòng khí nén sẽ đi thẳng, nếu có vật cản thì dòng khí nén rẽ nhánh qua cửa X (áp suất rẽ nhánh).



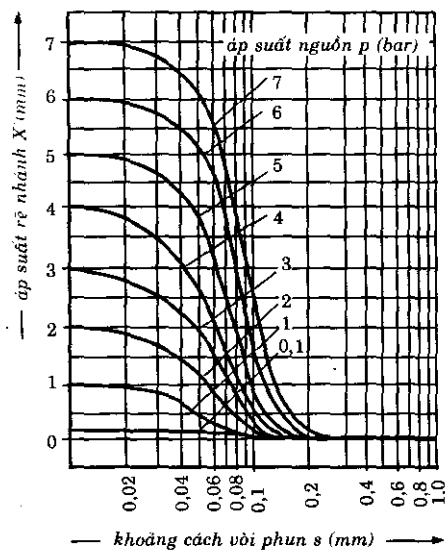
Hình 4.48 Cảm biến bằng tia rẽ nhánh

Sự phụ thuộc áp suất nguồn P, áp suất rẽ nhánh X và khoảng cách s, được biểu diễn ở hình 4.49. Sự phụ thuộc của 3 đại lượng trên tùy thuộc vào cấu tạo các loại cảm biến của các hãng sản xuất.

a.



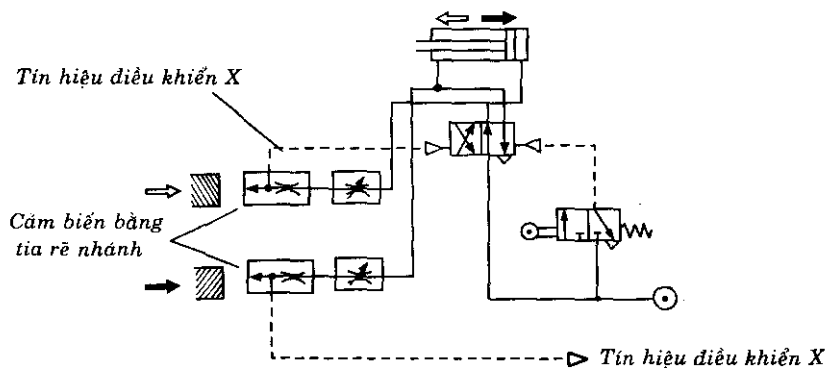
b.



Hình 4.49 Sự phụ thuộc áp suất nguồn P ($p = 0,1; 1,0$ bar-hình 4.49 a; p có giá trị đến 7 bar-hình 4.49b), áp suất rẽ nhánh X (bar) và khoảng cách s (mm) (hãng Festo)

Theo hình 4.49, áp suất rẽ nhánh X (bar) có thể đạt được giá trị bằng áp suất nguồn p (bar), khi khoảng cách s (mm) = 0. Trong thực tế ứng dụng cảm biến bằng tia rẽ nhánh, không cần phải sử dụng thêm phần tử khuếch đại tín hiệu X .

Ví dụ ứng dụng cảm biến bằng tia rẽ nhánh (hình 4.50) để kiểm tra vị trí cuối hành trình của cơ cấu chấp hành. Tín hiệu điều khiển $X = 1$, khi cơ cấu chấp hành ở vị trí cuối, sẽ tác động lên van đảo chiều.

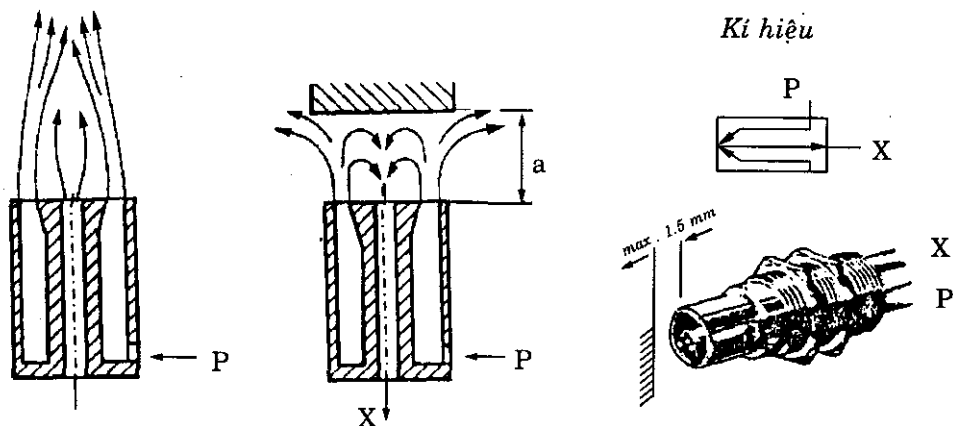


Hình 4.50 Ví dụ ứng dụng cảm biến bằng tia rẽ nhánh để điều khiển vị trí cuối hành trình

2. Cảm biến bằng tia phản hồi

Nguyên lý hoạt động của cảm biến bằng tia phản hồi (hình 4.51) : khi dòng khí nén P đi qua không có cản, tín hiệu phản hồi $X = 0$; khi có vật cản, tín hiệu $X = 1$. Đặc

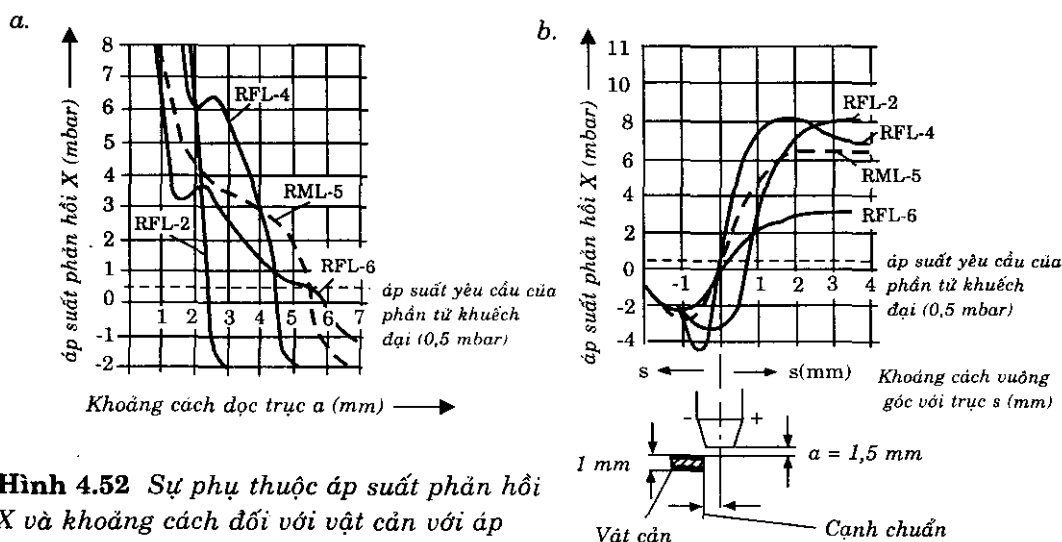
điểm của cảm biến bằng tia phản hồi là khi vật cản dịch chuyển theo hướng dọc trục của cảm biến – khoảng cách a hoặc theo hướng vuông góc với trục – khoảng cách s , thì tín hiệu điều khiển vẫn nhận giá trị $X = 1$.



Hình 4.51 Cảm biến bằng tia phản hồi

Thông thường áp suất nguồn p có giá trị trong khoảng từ 100 mbar đến 500 mbar tùy theo từng loại cảm biến. Cho nên trong thực tế, khi ứng dụng cảm biến bằng tia phản hồi phải sử dụng phân tử khuếch đại.

Sự phụ thuộc áp suất phản hồi X (mbar) (tín hiệu phản hồi) và khoảng cách dịch chuyển của vật cản a (mm) dọc trục đối với cảm biến tương ứng áp suất nguồn $p = 150$ mbar được trình bày ở hình 4.52a. Sự phụ thuộc áp suất phản hồi X (mbar) (tín hiệu phản hồi) và khoảng cách dịch chuyển của vật cản s (mm) vuông góc với trục của cảm biến tương ứng áp suất nguồn $p = 150$ mbar được trình bày ở hình 4.52b.

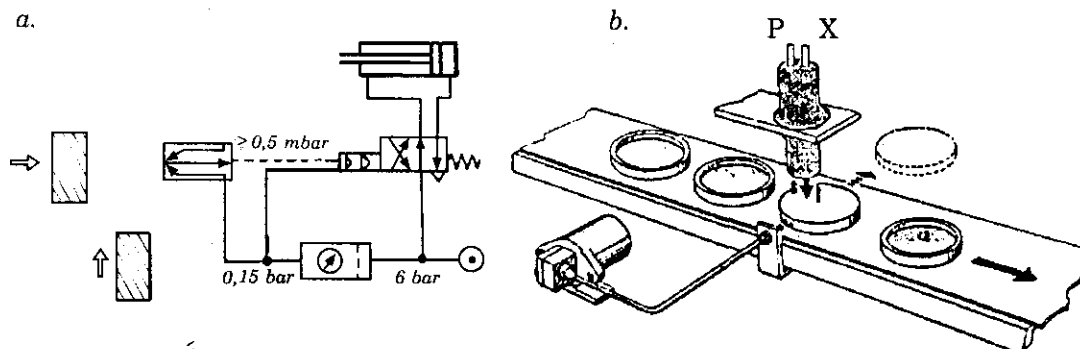


Hình 4.52 Sự phụ thuộc áp suất phản hồi X và khoảng cách đối với vật cản với áp suất nguồn $p = 150$ mbar.

a. khoảng cách dọc trục a (mm)

b. khoảng cách vuông góc với trục s (mm)

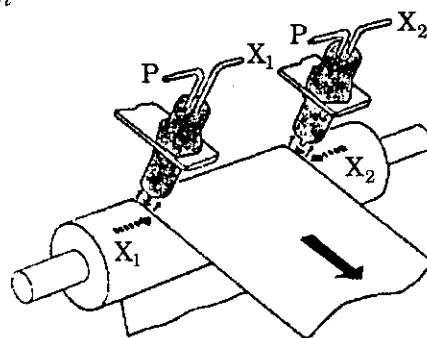
Ví dụ ứng dụng cảm biến bằng tia phản hồi để kiểm tra kích thước của chi tiết (hình 4.53) và kiểm tra dây chuyền vận hành (băng giấy, băng vải...), xem hình 4.54. Điều kiện để cảm biến bằng tia phản hồi kiểm tra có hiệu quả là chiều dày của chi tiết lớn hơn hay bằng 0,1 mm.



Hình 4.53 Ứng dụng cảm biến để kiểm tra kích thước chi tiết

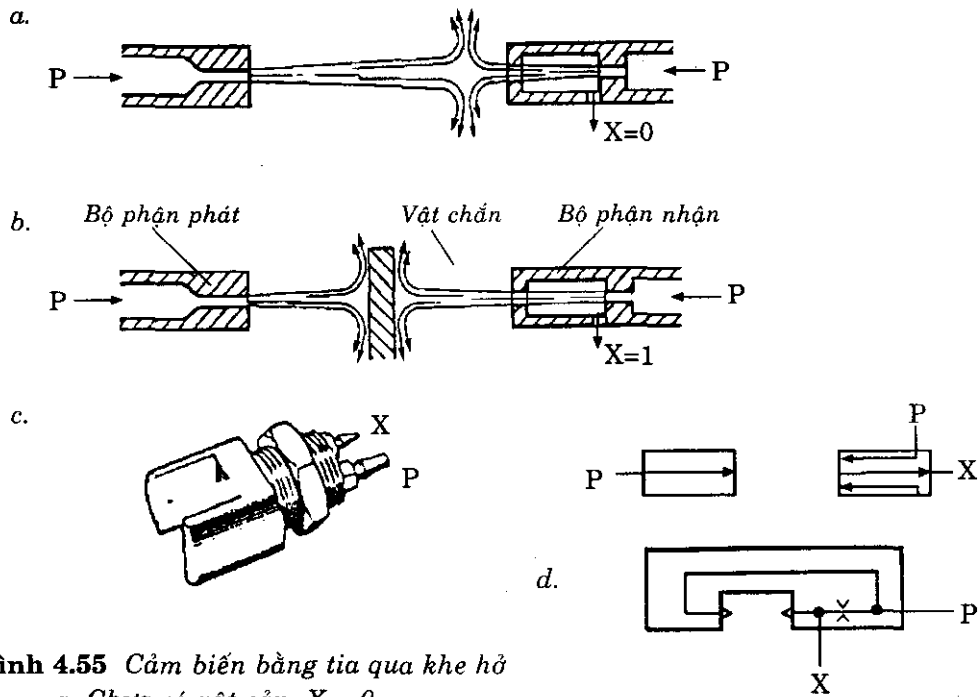
- a. Sơ đồ mạch
- b. Sơ đồ vận hành

Hình 4.54 Ứng dụng cảm biến để theo dõi vị trí chính xác mép băng tải của dây chuyền



3. Cảm biến bằng tia qua khe hở

Cảm biến bằng tia qua khe hở gồm 2 bộ phận : bộ phận phát và bộ phận nhận (hình 4.55). Thông thường bộ phận phát và bộ phận nhận có cùng áp suất p khoảng 150 mbar. Nhưng trong một số ứng dụng, áp suất p của bộ phận phát có thể là 4 bar và áp suất p của bộ phận nhận đến 0,5 bar. Trục của cơ cấu phát và cơ cấu nhận phải lắp ráp chính xác đồng tâm.



Hình 4.55 Cảm biến bằng tia qua khe hở

a. Chưa có vật cản, $X = 0$

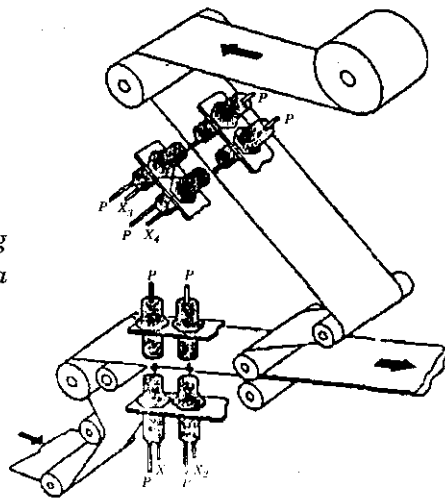
b. Có vật cản, $X = 1$

c. Kết cấu

d. Kí hiệu

Hình 4.56 là ví dụ ứng dụng cảm biến bằng tia qua khe hở để thực hiện yêu cầu công nghệ là 2 băng chuyển được ép vào nhau, độ lệch mép của 2 băng chuyển (ví dụ vải, giấy...) có dung sai nhất định. Mỗi băng chuyển lắp 2 cảm biến. Cảm biến X_1 và X_3 theo dõi giá trị độ lệch nhỏ và cảm biến X_2 , X_4 theo dõi giá trị độ lệch lớn.

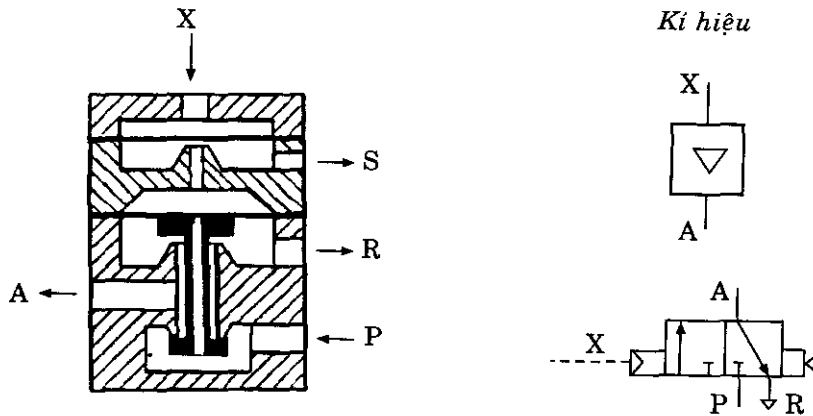
Hình 4.56 Ví dụ ứng dụng cảm biến bằng tia qua khe hở để theo dõi độ lệch mép của 2 băng chuyển được ép vào nhau.



IX. PHẦN TỬ KHUẾCH ĐẠI BẰNG MÀNG

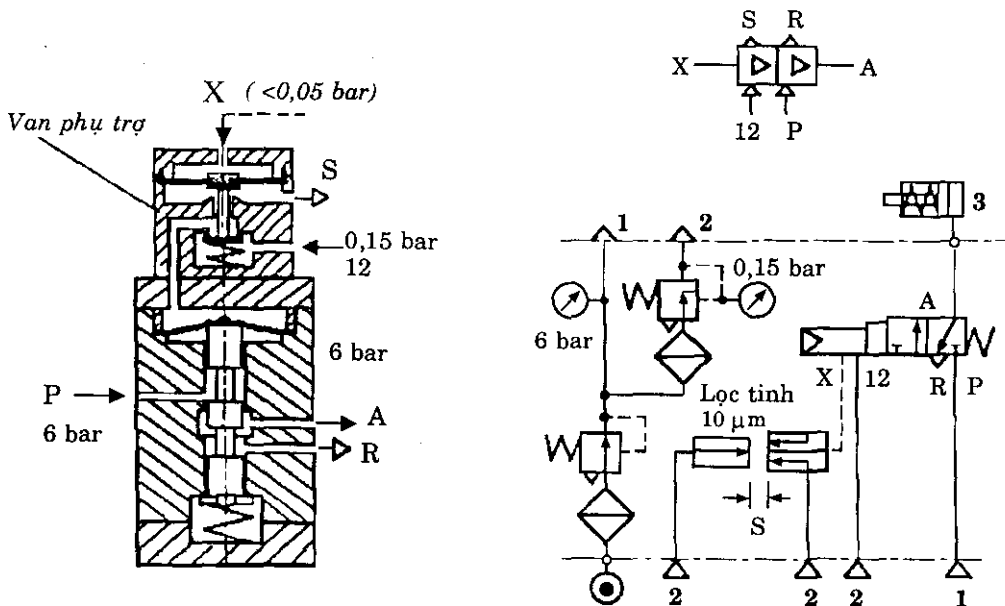
Phần tử khuếch đại bằng màng là phần tử tác động tín hiệu điều khiển gián tiếp

lên nòng van đảo chiều (hình 4.57). Khi có tín hiệu áp suất điều khiển thấp X có giá trị từ 0,1 đến 0,3 bar tác động lên màng, cửa áp suất nguồn $p = 6 \text{ bar}$ sẽ nối với cửa A. Như vậy có thể coi là phần tử khuếch đại từ giá trị 0,1 – 0,3 bar lên giá trị 6,0 bar.



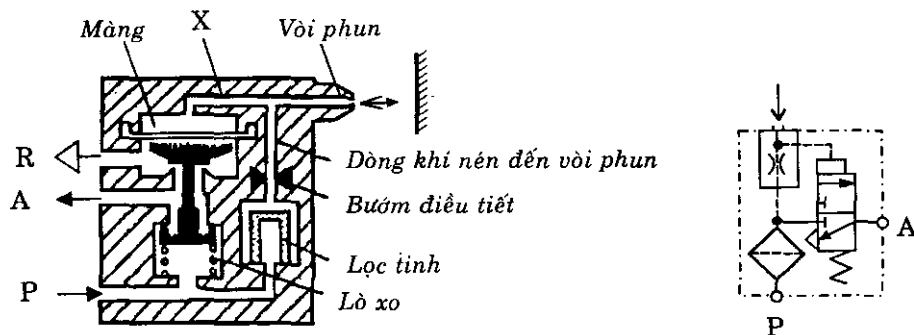
Hình 4.57 Phần tử khuếch đại bằng màng

Trong lĩnh vực điều khiển bằng khí nén ở áp suất thấp, tín hiệu điều khiển áp suất chân không phải cần khuếch đại, để áp suất có giá trị nhỏ (áp suất chân không) lên giá trị lớn hơn mà trong lĩnh vực điều khiển bằng khí nén cho phép. Hình 4.58 là ví dụ khuếch đại tín hiệu điều khiển X có giá trị nhỏ hơn 0,05 bar từ cảm biến bằng tia qua khe hở lên giá trị 0,15 bar. Tín hiệu được khuếch đại đó lại tác động lên màng để áp suất ở cửa P = 6 bar nối với cửa A. Như vậy tín hiệu được khuếch đại 2 cấp.



Hình 4.58 Sơ đồ kết cấu phần tử khuếch đại tín hiệu của cảm biến bằng tia qua khe hở

Hình 4.59 là sơ đồ kết cấu phần tử khuếch đại bằng màng của cảm biến bằng tia rẽ nhánh. Đặc điểm của phần tử khuếch đại bằng màng là phần lớn hoạt động theo nguyên lý bằng vòi phun, cho nên khí nén trước khi vào phải được lọc tinh.



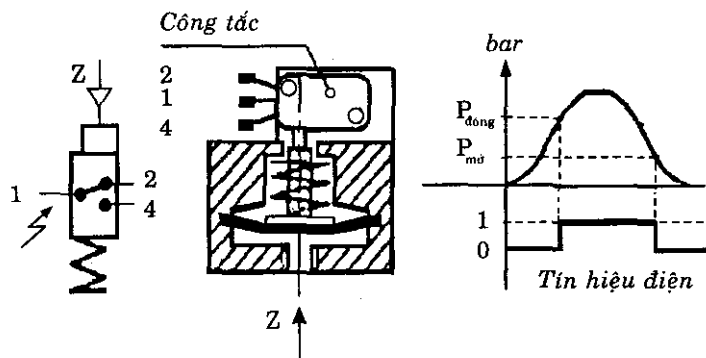
Hình 4.59 Sơ đồ kết cấu phần tử khuếch đại bằng màng của cảm biến bằng tia rẽ nhánh.

X. PHẦN TỬ CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU

Trong kĩ thuật đo lường và điều khiển, phần tử chuyển đổi tín hiệu được sử dụng khá rộng rãi. Nhiệm vụ là chuyển đổi tín hiệu được biến đổi vào bộ xử lí hay là từ bộ xử lí thành những tín hiệu điều khiển.

1. Phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén – điện

Nguyên lý hoạt động phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén – điện (hình 4.60) : áp suất p để đóng và mở công tắc điện được tiêu chuẩn theo từng hãng sản xuất. Ví dụ, những hệ thống điều khiển bằng khí nén có áp suất làm việc là 5 – 8 bar, áp suất được tiêu chuẩn để đóng công tắc điện là 1,5 bar và áp suất để mở công tắc là 1,0 bar. Đối với những áp suất nhỏ hơn 0,1 bar thì cần phải qua van phụ trợ hay là qua phần tử khuếch đại.



Hình 4.60 Phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén - điện (role áp suất)

Hình 4.61 là nguyên lý hoạt động của phần tử chuyển đổi van năng tín hiệu khí nén - điện.

– Khi lò xo được điều chỉnh 1 cùng với áp suất điều khiển P_1 tác động lên ống lượn

sóng 2, làm thay đổi khoảng cách của mặt đáy ống lượn sóng, như vậy trong mạch điện 3, điện dung hay điện trường sẽ thay đổi, tín hiệu điện (tín hiệu nhị phân hay tín hiệu tương tự) được tạo ra. Trong kĩ thuật điều khiển gọi là phần tử *chuyển đổi tín hiệu khí nén – điện*.

– Nếu như có áp suất P_2 tác động, lực của áp suất P_2 cùng với lực ống lượn sóng 2 tác động ngược lại với lực do áp suất P_1 và lực lò xo 1, làm thay đổi khoảng cách của mặt đáy ống lượn sóng. Trong kĩ thuật điều khiển gọi là phần tử *chuyển đổi tín hiệu khí nén (độ chênh lệch áp suất) – điện*.

– Nếu như P_2 nối với áp suất chân không, dưới tác động của lực của lò xo 1 cùng với lực của ống lượn sóng 2 sẽ làm thay đổi khoảng cách của mặt đáy ống lượn sóng. Trong kĩ thuật điều khiển gọi là phần tử *chuyển đổi tín hiệu khí nén (áp suất chân không) – điện*.

Thông số kĩ thuật loại

FESTO - ARL - 2N - PEV

áp suất P_1 0,25/8 bar

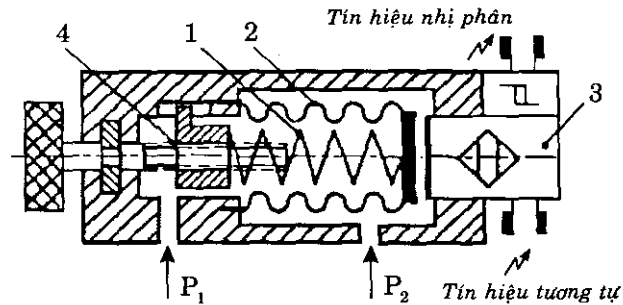
áp suất P_2 -0,2/-8 bar

ΔP -0,95/8 bar

độ trễ max 0,25 bar

tần số đóng,mở 70 Hz

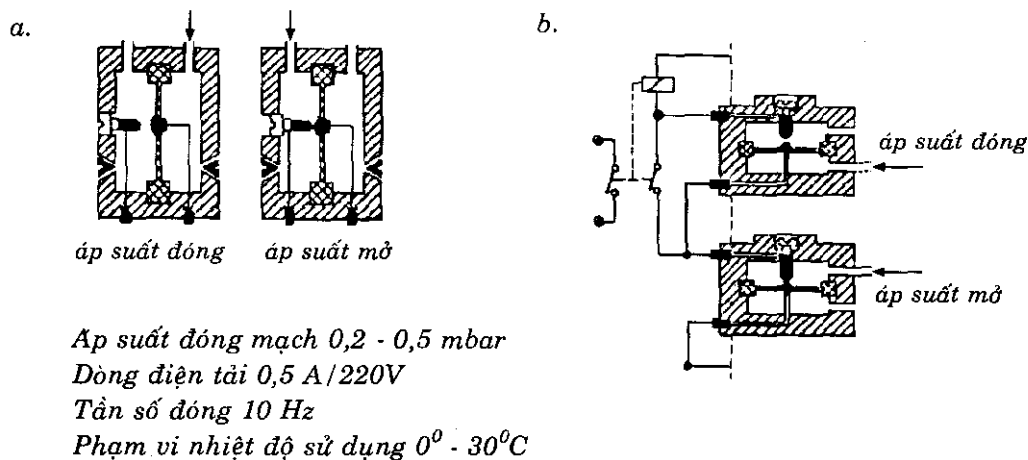
dòng điện 400 mA



Hình 4.61 Phần tử chuyển đổi vận năng tín hiệu khí nén - điện, chuyển đổi :

- áp suất dư P_1 - tín hiệu nhị phân hay tín hiệu tương tự
- áp suất chân không P_2 - tín hiệu nhị phân hay tín hiệu tương tự
- hiệu áp suất $P_1 - P_2$ - tín hiệu nhị phân hay tín hiệu tương tự

Trong kĩ thuật điều khiển, tín hiệu điều khiển (áp suất chân không) có thể tác động trực tiếp lên màng, để các tiếp điểm điện đóng hoặc mở (hình 4.62).

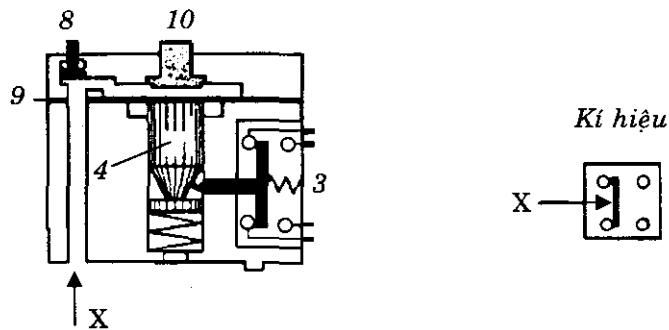


Hình 4.62 Phần tử màng chuyển đổi tín hiệu khí nén - điện

a. Bảng tiếp điểm điện

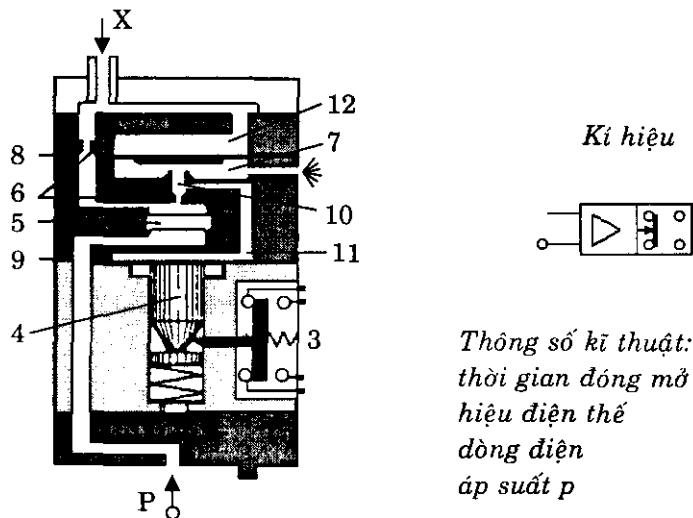
b. Bảng role điện

Hình 4.63 là phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén – điện (tiếp điểm chuyển mạch). Dưới tác dụng tín hiệu áp suất điều khiển X lên màng 9, nòng van 4 dịch chuyển xuống, tiếp điểm 3 sẽ đóng. Áp kế 8 hiển thị áp suất điều khiển và đòn bẩy tác động bằng tay 10.



Hình 4.63 Phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén - điện (tiếp điểm chuyển mạch)

Hình 4.64 là phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén – điện, kết hợp với phần tử khuếch đại. Khi có tín hiệu điều khiển X, màng 8 chặn cửa 10, áp suất trong buồng 11 tăng lên và tác động lên màng 9 và đẩy nòng van 4 xuống dưới và như vậy tiếp điểm 3 đóng lại.



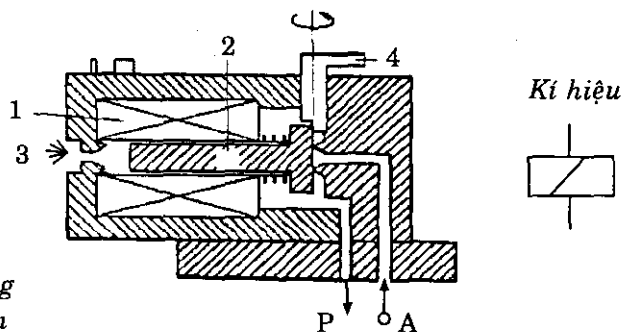
Thông số kĩ thuật:

thời gian đóng mở	50 ms
hiệu điện thế	250 V
dòng điện	5 A
áp suất p	1 bar

Hình 4.64 Phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén - điện kết hợp với phần tử khuếch đại

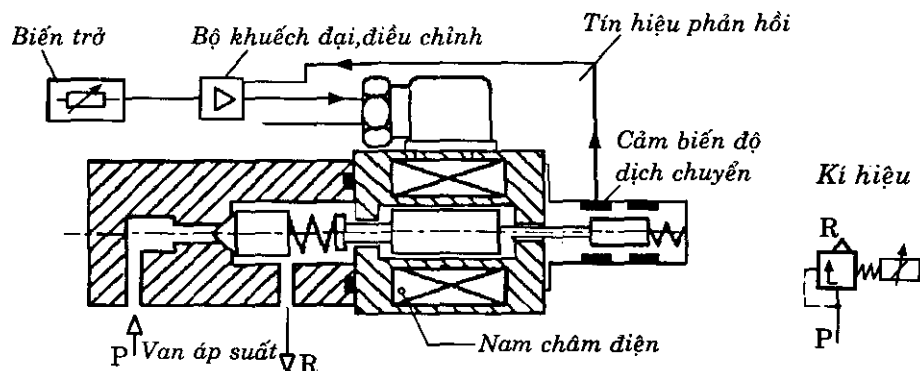
2. Phần tử chuyển đổi tín hiệu điện – khí nén

Nguyên tắc cơ bản để chuyển đổi tín hiệu điện – khí nén là nam châm điện (hình 4.65). Dòng điện vào cuộn dây 1, lõi từ 2 sẽ dịch chuyển về phía trái. Cửa A nối với P. Phần lí thuyết về điện sẽ được trình bày trong chương VIII.



Hình 4.65 Nguyên lý tác động của nam châm điện

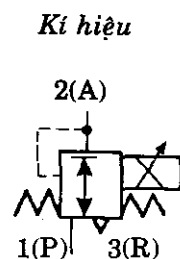
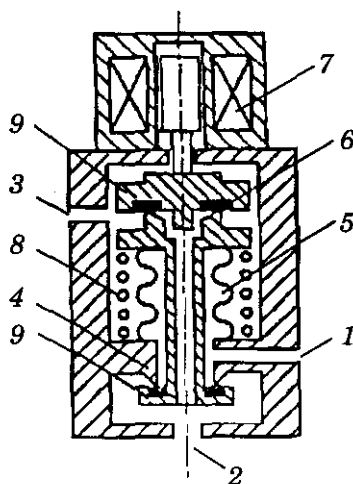
Hình 4.66 trình bày phần tử chuyển đổi tín hiệu điện - khí nén, có cảm biến độ dịch chuyển nòng van (cơ cấu servo tuyến tính). Nhiệm vụ của phần tử là điều chỉnh áp suất. Với những giá trị khác nhau của dòng điện (điện thế) vào cuộn dây, lực hút từ trường vào lõi từ thay đổi. Như vậy sẽ thay đổi lực lò xo của nòng van, áp suất ở cửa R được điều chỉnh. Thực chất của phần tử này là van tràn điều chỉnh bằng điện từ.



Hình 4.66 Phần tử chuyển đổi điện - khí nén với cảm biến độ dịch chuyển nòng van (cơ cấu servo tuyến tính)

Hình 4.67 trình bày van giảm áp được điều khiển bằng điện từ. Van được biểu diễn ở trạng thái không có áp suất trong van. Nhiệm vụ của van là điều chỉnh áp suất được giảm ở cửa 2 và giữ giá trị áp suất được điều chỉnh đó không đổi. Lực áp suất nguồn 1 tác động lên bề mặt nòng van của xilanh 4 cân bằng lực áp suất của ống lượn sóng 5. Lực lò xo 8 cân bằng với lực cơ của ống lượn sóng. Nếu áp suất ở 2 lớn hơn áp suất được điều chỉnh, dòng khí nén sẽ qua vòng đệm 6, theo cửa thoát khí 3 ra ngoài. Nếu áp suất ở 2 nhỏ hơn áp suất điều chỉnh, lõi từ của nam châm điện sẽ đẩy mặt đáy nòng van 9 xuống, cửa 1 sẽ nối với cửa 2, cho đến khi áp suất cửa 2 đạt được áp suất điều chỉnh, dòng điện trong cuộn dây ngắt, lõi từ trở về vị trí ban đầu.

- 1 cửa nối áp suất nguồn
- 2 cửa nối áp suất được điều chỉnh
- 3 cửa thoát khí
- 4 thân van
- 5 ống lượn sóng
- 6 vòng đệm
- 7 nam châm điện
- 8 lò xo
- 9 mặt đáy nòng van



Hình 4.67 Van giảm áp điều khiển bằng điện từ

XI. DỤNG CỤ ĐO

1. Dụng cụ đo áp suất (áp kế)

Nguyên lí để đo áp suất (áp suất dư hay áp suất chân không) là xác định hiệu áp suất được đo và áp suất khí quyển hoặc hiệu áp suất của 2 áp suất được đo (xem chương I, phần V-1). Dụng cụ đo áp suất (áp kế) được kí hiệu theo hình 4.68.

Hình 4.68 Kí hiệu áp kế



a) Đo áp suất bằng chất lỏng

Nguyên lí đo áp suất bằng ống hình chữ U hay ống nghiêng là xác định độ chênh lệch (chiều cao h) của chất lỏng ở trong ống (hình 4.69). Áp suất được đo tính theo :

$$p = \rho \cdot \Delta h \cdot g$$

Trong đó :

p áp suất được đo [Pa] ($10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$)

Δh độ lệch chiều cao của bề mặt chất lỏng [m]

ρ khối lượng riêng của chất lỏng :

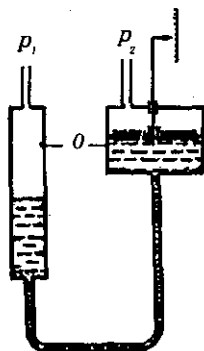
– rượu $\rho = 700 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

– nước $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

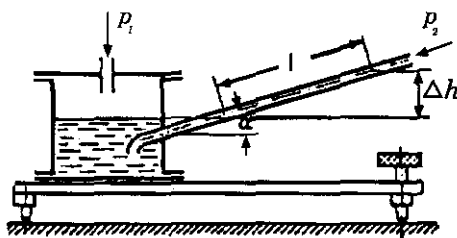
– thủy ngân $\rho = 13600 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

g gia tốc trọng trường $9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$

a.



b.



Hình 4.69 Nguyên lí đo áp suất bằng ống

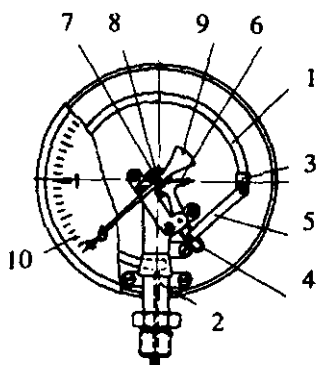
a. Hình chữ U

b. Ống nghiêng

b) Đo áp suất bằng lò xo

Nguyên lí đo áp suất bằng lò xo là dưới tác dụng của áp lực, lò xo bị biến dạng, qua cơ cấu thanh truyền hay đòn bẩy và bánh răng, độ biến dạng của lò xo sẽ chuyển đổi thành giá trị được ghi trên mặt hiển số.

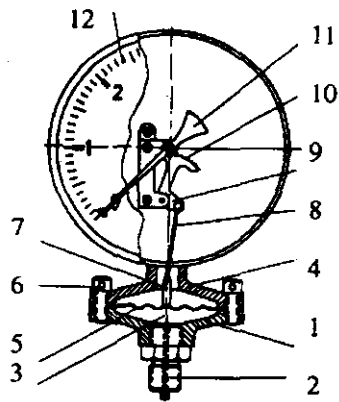
Lò xo có thể có nhiều loại khác nhau : lò xo xoắn ốc và lò xo tấm. Phạm vi đo của áp kế lò xo xoắn ốc : đo áp suất dư 0 – 4000 bar, đo áp suất chân không 0 – 100 mbar (hình 4.70).



1. Lò xo ống xoắn ốc
2. Ống giữ lò xo
3. Phần cuối lò xo ống
4. Chi tiết hình đáy quạt
5. Tay đòn
6. Chi tiết thanh răng
7. Trục quay
8. Lò xo
9. Kim chỉ
10. Mặt hiển số

Hình 4.70 Áp kế lò xo ống xoắn ốc (hãng Wika)

Nguyên lí hoạt động của áp kế lò xo tấm (hình 4.71) : dưới tác động của áp suất, lò xo tấm 5 bị biến dạng, qua trục đòn bẩy 8, chi tiết hình đáy quạt 9, chi tiết thanh răng 10, kim chỉ 11, giá trị áp suất được hiện lên mặt hiển số 12. Phạm vi đo : áp suất dư 0 – 25 bar, áp suất chân không 0 – 100 mbar.



1. Mặt bích phía dưới
2. Đầu nối ren
3. Vùng chứa áp suất
4. Mặt bích phía trên
5. Lò xo tấm
6. Vít vặn
7. Trục
8. Đòn bẩy
9. Chi tiết hình đáy quạt
10. Chi tiết thanh răng
11. Kim chỉ
12. Mặt hiện số

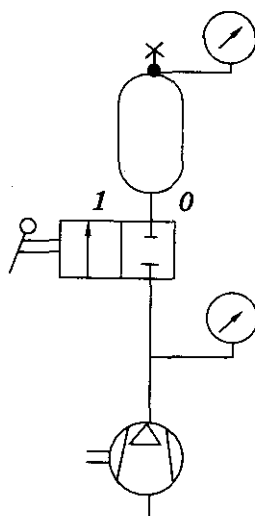
Hình 4.71 Áp kế lò xo tấm (hãng Wika)

2. Dụng cụ đo thể tích (lưu lượng)

Nguyên lý đo lưu lượng bằng bình chứa (hình 4.72) : trước tiên phải xác định áp suất và nhiệt độ trong bình chứa. Sau khi đóng van ở vị trí 1, khí nén sẽ vào bình chứa, xác định thời gian diễn đầy bình chứa khi áp suất trong bình chứa đạt giá trị yêu cầu. *Lưu lượng* được tính theo công thức sau :

$$q_v = \frac{V_2 \cdot T_1 \cdot \Delta p}{p_{abs,1} \cdot T_2 \cdot \Delta t}$$

Trong đó :

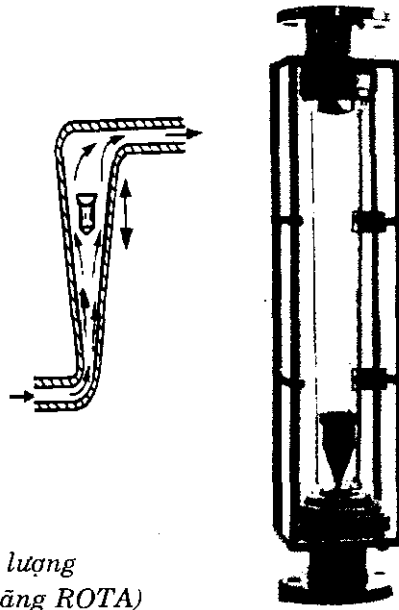


q_v	$[m^3/s]$	lưu lượng ở trạng thái tiêu chuẩn
$p_{abs,1}$	$[bar]$	áp suất tuyệt đối của khí nén
T_1	$[K]$	nhiệt độ khí nén trước lúc vào bình chứa
V_2	$[m^3]$	thể tích bình chứa
T_2	$[K]$	nhiệt độ trong bình chứa
Δp	$[bar]$	hiệu áp suất tăng trong thời gian Δt
Δt	$[s]$	thời gian diễn đầy bình chứa theo áp suất yêu cầu.

Hình 4.72 Nguyên lý đo lưu lượng bằng bình chứa

Nguyên lý đo lưu lượng bằng con dọi nổi (hình 4.73) : một ống thủy tinh có dạng hình phễu được đặt thẳng đứng, bên trong ống là con dọi nổi. Khi dòng khí nén được đo sẽ được dẫn từ đáy ống lên, con dọi nổi sẽ được nâng lên, đến chừng nào dừng lại, khi đó lực tổng hợp tác động lên con dọi bằng không. Độ cao nâng con dọi trong ống thủy tinh tương ứng với lưu lượng cần đo.

Phương pháp này có thể đo được lưu lượng từ $0,00016 m^3/h$ đến $630 m^3/h$.



Hình 4.73 Đo lưu lượng bằng con dọi nổi (hãng ROTA)

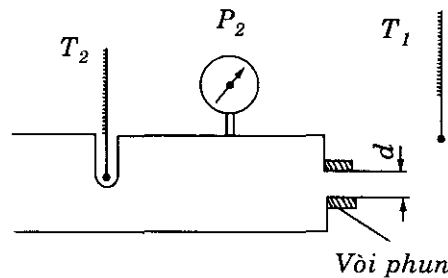
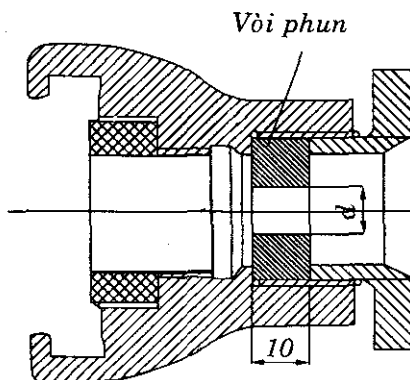
3. Đo lưu lượng thoát ra ngoài qua vòi phun

Nguyên lí đo lưu lượng thoát ra ngoài qua vòi phun của hãng *FMA Pokorny* (hình 4.74) : vòi phun có chiều dày 10 mm với lỗ khoan ở giữa có đường kính $d = 12$ mm. Mép lỗ khoan phải sắc cạnh. Nếu là không khí khô thì hằng số khí $R = 29,27$ và hệ số cần có từ thực nghiệm $\mu = 0,836$. Lưu lượng được tính theo công thức sau :

$$q_v = 0,0458 \cdot d^2 \cdot \frac{p_{abs,2} \cdot T_1}{p_{abs,1} \cdot \sqrt{T_2}}$$

Trong đó :

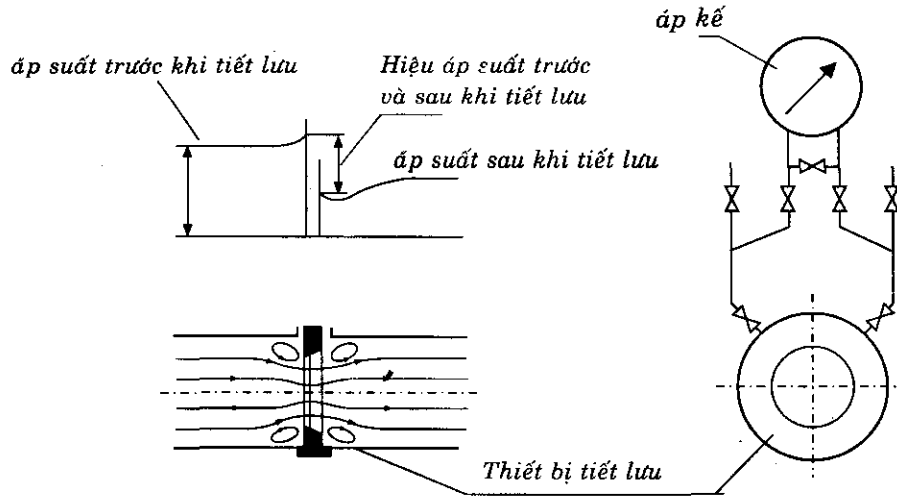
q_v	[m ³ /phút]	lưu lượng ở trạng thái tiêu chuẩn
d	[cm]	đường kính vòi phun
$p_{abs,1}$	[bar]	áp suất khí quyển
T_1	[K]	nhiệt độ không khí
$p_{abs,2}$	[bar]	áp suất khí nén trước vòi phun
T_2	[K]	nhiệt độ khí nén trước vòi phun



Hình 4.74 Đo lưu lượng thoát ra ngoài qua vòi phun (hãng *FMA Pokorny*)

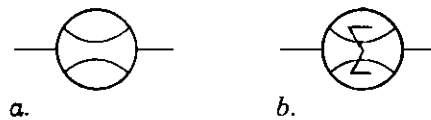
4. Đo lưu lượng qua thiết bị tiết lưu

Nguyên lý đo lưu lượng qua thiết bị tiết lưu, xem hình 4.75 ; lưu lượng khí nén qua khe hở đã được trình bày ở chương I, mục VI-5.



Hình 4.75 Nguyên lý đo lưu lượng qua thiết bị tiết lưu

Hình 4.76 trình bày kí hiệu dụng cụ đo lưu lượng và dụng cụ đo thể tích



Hình 4.76 Kí hiệu dụng cụ đo

- a. lưu lượng
- b. đo thể tích

CHƯƠNG V

CƠ CẤU CHẤP HÀNH

I. YÊU CẦU

Cơ cấu chấp hành có nhiệm vụ biến đổi năng lượng *khí nén* thành năng lượng cơ học. Cơ cấu chấp hành có thể thực hiện *chuyển động thẳng (xilanh)*, hoặc *chuyển động quay (động cơ khí nén)*.

Cần pittông tạo ra lực đẩy F được tính bằng tích của diện tích bề mặt pittông A và áp suất trong xilanh p_e . Đơn vị thứ nguyên của lực được tính theo *bảng 5.1*.

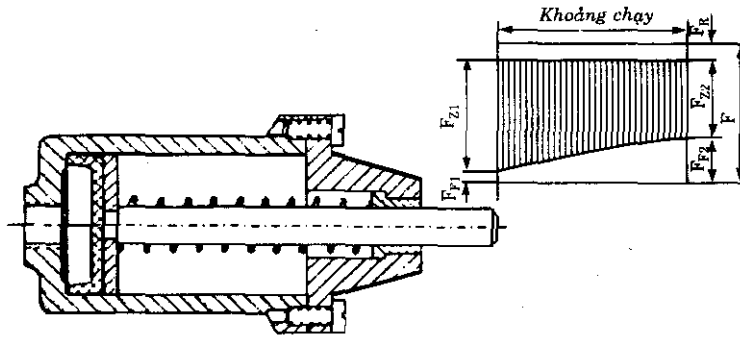
Bảng 5.1 Đơn vị thứ nguyên tính lực

Số TT	áp suất x diện tích = lực		
	p_e	x	$A = F$
1	Pa		m^2 N
2	$\frac{N}{m^2}$		m^2 N
3	$\frac{kg.m}{s^2.m^2}$		m^2 $\frac{kg.m}{s^2}$
4	bar		cm^2 daN
5	$10^5 Pa$		$10^{-4}.m^2$ 10N

II. XILANH

1. Xilanh tác dụng đơn (xilanh tác dụng một chiều)

Áp lực tác động vào xilanh đơn chỉ một phía, phía ngược lại do lò xo tác động hay do ngoại lực tác động (hình 5.1). Lực tác động lên pittông được tính theo công thức :



Hình 5.1 Lực tác động lên xilanh tác dụng đơn

$$F_Z = A \cdot p_e - F_R - F_F \quad (5.1)$$

Trong đó :

F_Z [daN] Lực tác động lên pittông

$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$ [cm²] Diện tích pittông

D [cm] Đường kính pittông

p_e [bar] Áp suất khí nén trong xilanh

F_R Lực ma sát, phụ thuộc vào chất lượng bề mặt giữa pittông và xilanh, vận tốc chuyển động pittông, loại vòng đệm. Trạng thái vận hành bình thường theo [15], lực ma sát $F_R \approx 0,15 \cdot A \cdot p$

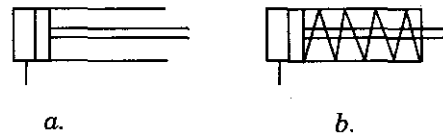
F_F Lực lò xo

Xilanh tác dụng đơn được sử dụng cho thiết bị, đồ gá kẹp chi tiết. Hình 5.2 trình bày kí hiệu xilanh tác dụng đơn.

Hình 5.2 Kí hiệu xilanh tác dụng đơn

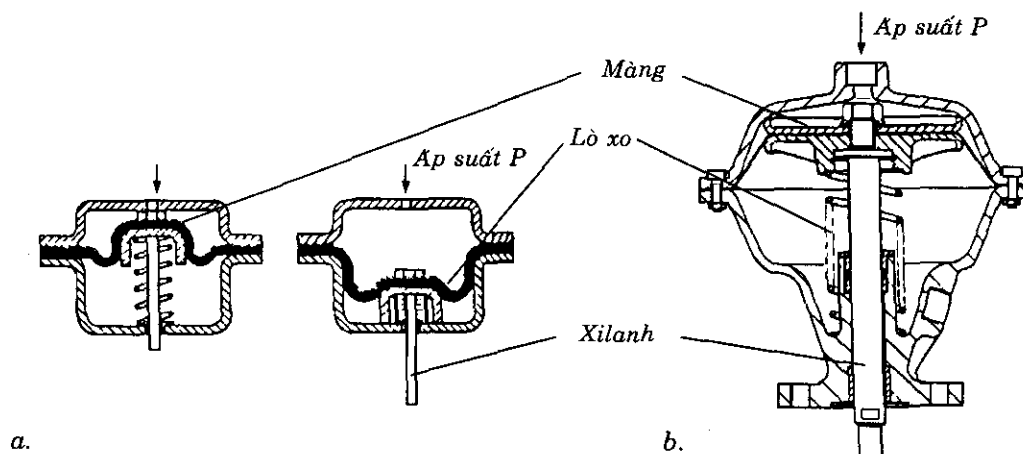
a. chiều tác động ngược lại do ngoại lực tác động

b. chiều tác động ngược lại do lực lò xo tác động



2. Xilanh màng

Nguyên lí hoạt động của xilanh màng cũng tương tự như xilanh tác dụng một chiều (hình 5.3). Xilanh màng kiểu cuộn có khoảng chạy lớn hơn xilanh màng kiểu hộp.



Hình 5.3 Xilanh màng (hãng EFFBE)

a. Xilanh màng kiểu cuộn

b. Xilanh màng kiểu hộp

Do khoảng chạy của pittông nhỏ (lớn nhất $h_{\max} = 80 \text{ mm}$), xilanh màng được sử dụng trong điều khiển, ví dụ trong công nghiệp ô tô (điều khiển phanh, li hợp...), trong công nghiệp hóa chất.

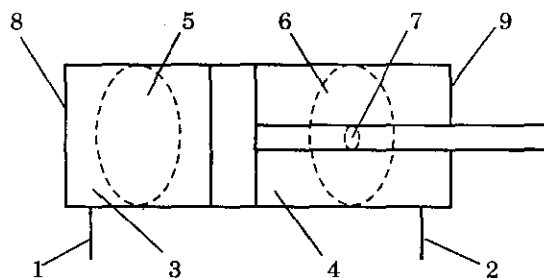
Kí hiệu xilanh màng cũng tương tự như kí hiệu xilanh tác dụng đơn (hình 5.2).

3. Xilanh tác dụng 2 chiều (xilanh tác dụng kép)

Nguyên lí hoạt động của xilanh tác dụng 2 chiều (tác dụng kép) là áp suất khí nén được dẫn vào cả 2 phía của xilanh (hình 5.4).

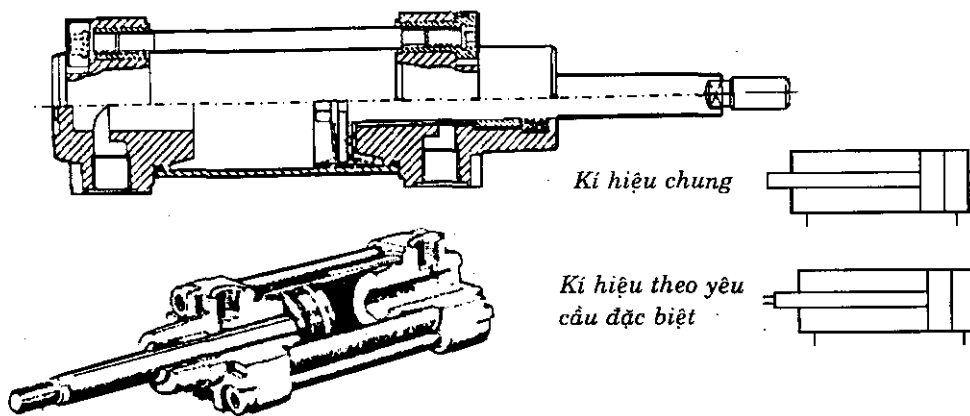
Hình 5.4 Xilanh tác dụng 2 chiều

1. Cửa nối mặt đáy pittông, 2. Cửa nối mặt trước pittông, 3. Mặt đáy pittông, 4. Mặt trước pittông, 5. Bề mặt xilanh, 6. Bề mặt pittông, 7. Diện tích cần pittông, 8. Đáy xilanh, 9. Nắp xilanh



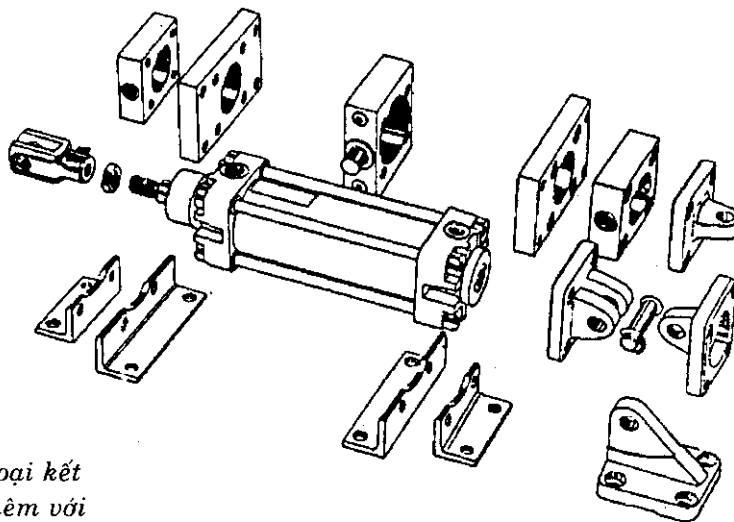
a) Xilanh tác dụng 2 chiều không có giảm chấn

Xilanh tác dụng 2 chiều, không có bộ phận giảm chấn ở cuối khoảng chạy, trình bày ở hình 5.5.



Hình 5.5 Xilanh tác dụng 2 chiều không có giảm chấn

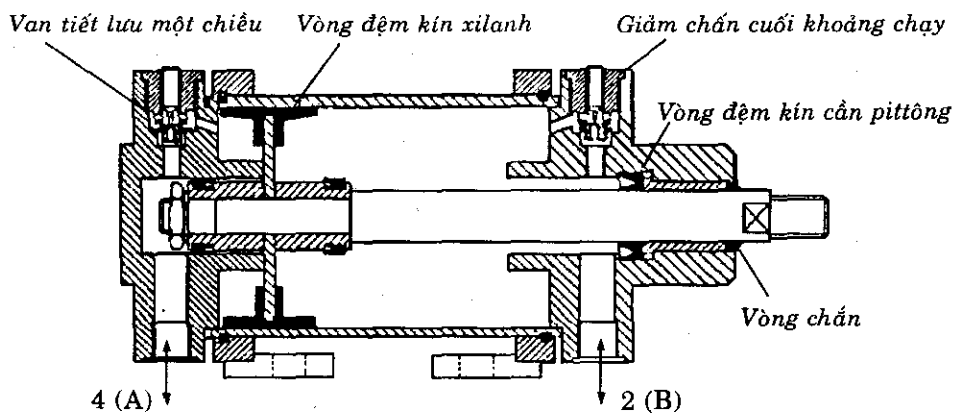
Các loại đồ gá lắp thêm với xilanh tác dụng 2 chiều được trình bày ở hình 5.6.



Hình 5.6 Các loại kết cấu đồ gá lắp thêm với xilanh tác dụng 2 chiều

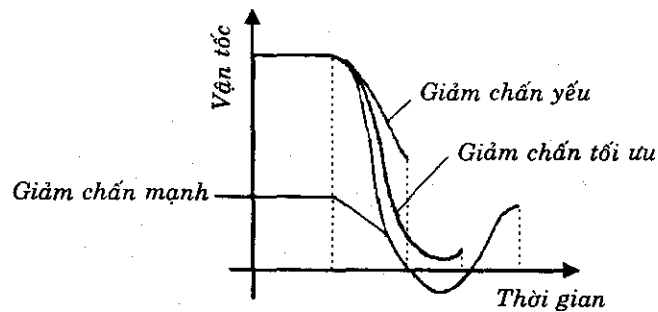
b) Xilanh tác dụng 2 chiều có giảm chấn

Nhiệm vụ của cơ cấu giảm chấn là ngăn chặn sự va đập của pittông vào thành xilanh ở vị trí cuối khoảng chạy. Nguyên lí hoạt động của xilanh tác dụng 2 chiều có giảm chấn cuối khoảng chạy, xem hình 5.7. Người ta sử dụng *van tiết lưu một chiều* để thực hiện nhiệm vụ giảm chấn.



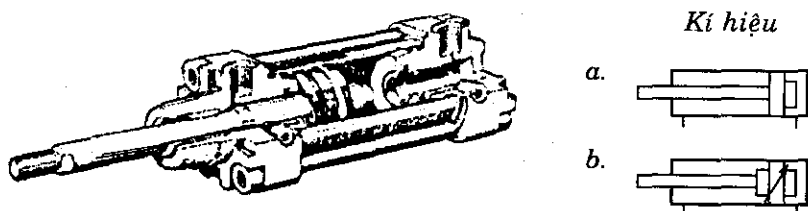
Hình 5.7 Xilanh tác dụng 2 chiều có cơ cấu giảm chấn điều chỉnh được ở cuối khoảng chạy

Sự phụ thuộc thời gian hãm và vận tốc ở vị trí cuối khoảng chạy, được biểu diễn ở hình 5.8. Nhờ van tiết lưu một chiều có thể điều chỉnh được sự phụ thuộc đó.



Hình 5.8 Biểu đồ vận tốc-thời gian hãm ở vị trí cuối khoảng chạy

Hình 5.9 biểu diễn xilanh tác dụng 2 chiều và kí hiệu.



Hình 5.9 Xilanh tác dụng 2 chiều có giảm chấn (hãng Bosch)

- a. Xilanh tác dụng 2 chiều có cơ cấu giảm chấn không điều chỉnh được
- b. Xilanh tác dụng 2 chiều có cơ cấu giảm chấn điều chỉnh được

c) Tính toán xilanh tác dụng 2 chiều

– Lực tác động lên cần pittông :

Khi tính toán lực cần phải để ý đến chiều chuyển động của cần pittông.

+ Lực tác động khi cần pittông đi ra :

$$F_A = A_1 \cdot p_{e2} \cdot \eta \quad (5.2)$$

F_A [daN] Lực tác động khi cần pittông đi ra
 A_1 [cm²] Diện tích mặt đáy pittông, $A_1 = \pi \cdot D^2 / 4$
 D [cm] Đường kính mặt đáy pittông
 p_{e2} [bar] Áp suất khí nén trong xilanh
 η [-] Hiệu suất xilanh, thông thường $\eta = 0,8$

+ Lực tác động khi cần pittông đi vào :

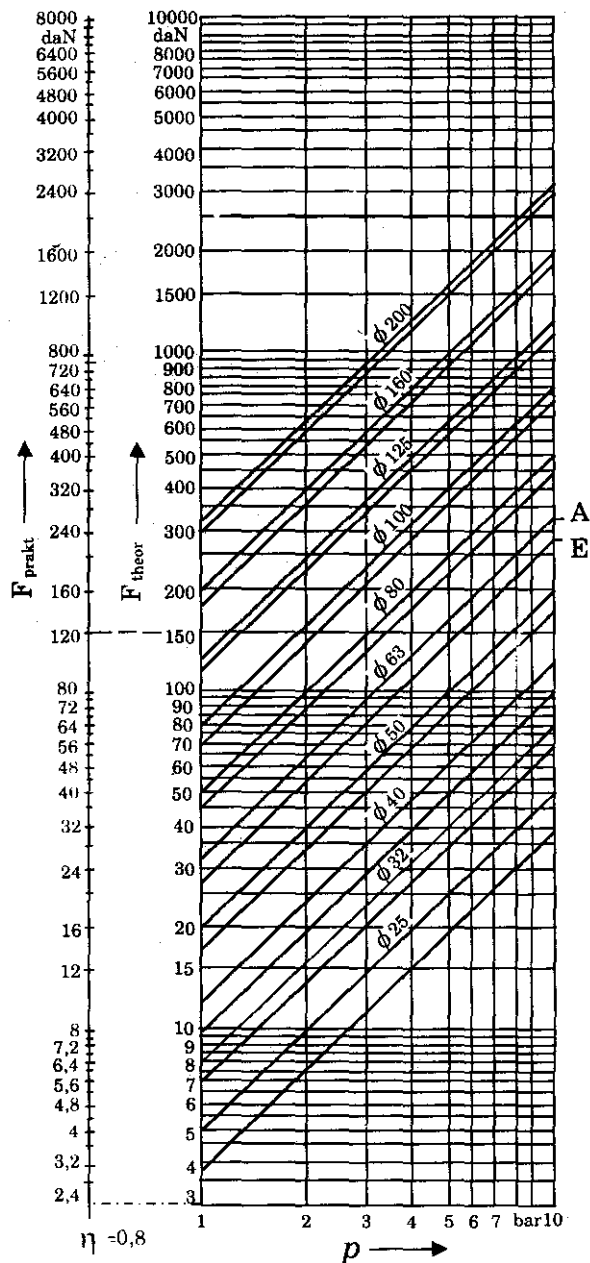
$$F_E = A_2 \cdot p_{e2} \cdot \eta \quad (5.3)$$

F_E [daN] Lực tác động khi cần pittông đi vào
 A_2 [cm²] Diện tích vòng găng pittông,
 $A_2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4$
 D [cm] Đường kính mặt đáy pittông
 d [cm] Đường kính cần pittông
 p_{e2} [bar] Áp suất khí nén trong xilanh
 η [-] Hiệu suất xilanh, thông thường $\eta = 0,8$

Sự phụ thuộc giữa các đại lượng lực, đường kính và áp suất, được biểu diễn ở hình 5.10.

F_{theor} Lực tính theo lý thuyết
 F_{prakt} Lực thực tế tác động lên xilanh
 A Xilanh đi ra
 E Xilanh đi vào

Hình 5.10 Sự phụ thuộc lực, áp suất và đường kính của xilanh



+ Lực tác động khi xilanh ở vị trí nằm nghiêng :

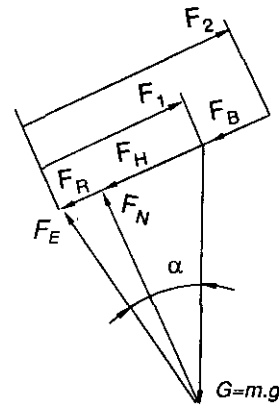
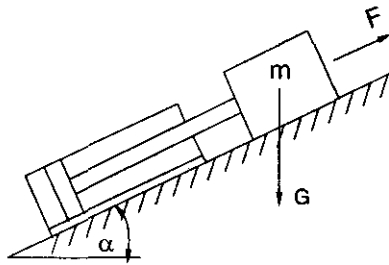
Theo sơ đồ hình 5.11, ta có :

$$\text{Lực ma sát } F_R = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos \alpha \quad (5.4)$$

$$\text{Lực nâng } F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (5.5)$$

$$\text{Lực gia tốc } F_B = m \cdot a \quad (5.6)$$

m [kg]	Khối lượng chuyển động
g [m/s^2]	Gia tốc trọng trường $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
μ [-]	Hệ số ma sát
α [grad]	Mặt phẳng nghiêng
a [m/s^2]	Gia tốc $a = w^2 / 2 \cdot s$
w [m/s]	Vận tốc của pittông
s [m]	Quãng đường có gia tốc



Hình 5.11. Tính toán lực tác động lên xilanh

Ví dụ : lực thực tế tác động lên xilanh $F_{\text{prakt}} = 160 \text{ daN}$, áp suất của khí nén $p = 6 \text{ bar}$.

Theo biểu đồ đường kính của xilanh cần chọn $\phi = 80 \text{ mm}$.

Lực tác động lên xilanh :

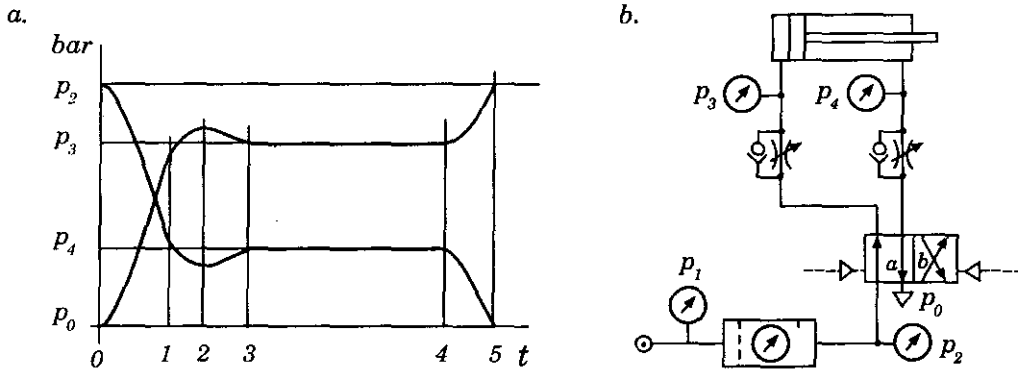
$$F_2 = F_R + F_H + F_B \quad (5.7)$$

Để pittông – xilanh đạt được chuyển động đều, tỉ số áp suất trước và sau tiết lưu đặt ở đường ra có giá trị giới hạn $p_{e,4} / p_{e,0} = 1,9$, điều đó có nghĩa là áp suất $p_{e,4}$ tối thiểu phải bằng 1 bar (hình 5.12). Tương ứng với biểu đồ hình 5.12 khi xilanh đạt được chuyển động đều, ta tính được lực như sau :

$$F_2 = A_1 \cdot p_{e,3} - F_{R1} - A_2 \cdot p_{e,4} - F_{R2} \quad (5.8)$$

$$F_{R1} = A_1 \cdot p_{e,3} \cdot 0,15 \quad (5.9)$$

$$F_{R2} = A_2 \cdot p_{e,4} \cdot 0,15 \quad (5.10)$$



Hình 5.12 Biểu đồ áp suất ở đường vào và đường ra khi pittông chuyển động
a. Biểu đồ áp suất - thời gian
b. Sơ đồ lắp với các điểm đo áp suất

0 Chuyển đổi vị trí van đảo chiều từ b sang a, 1 Bắt đầu chuyển động, 2 Gia tốc đạt lớn nhất, 3 Bắt đầu chuyển động đều, 4 Kết thúc chuyển động, 5 Áp suất trong xilanh đạt được lớn nhất hoặc nhỏ nhất.

p_0 áp suất không khí, p_1 áp suất nguồn, p_2 áp suất khí nén sau thiết bị lọc,

p_3 áp suất trong xilanh ở đường vào, p_4 áp suất trong xilanh ở đường ra.

Thay phương trình (5.9) và (5.10) vào phương trình (5.8), ta có :

$$\begin{aligned} F_2 &= A_1 \cdot p_{e,3} - A_1 \cdot p_{e,3} \cdot 0,15 - A_2 \cdot p_{e,4} - A_2 \cdot p_{e,4} \cdot 0,15 \\ F_2 &= A_1 \cdot p_{e,3} \cdot 0,85 - A_2 \cdot p_{e,4} \cdot 1,15 \end{aligned} \quad (5.11)$$

hoặc

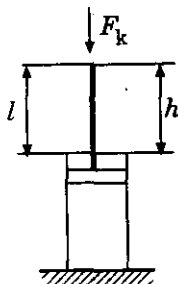
$$F_2 = A_1 \cdot p_{e,3} \cdot \eta \quad (5.12)$$

Trong đó hiệu suất $\eta \leq 0,6$.

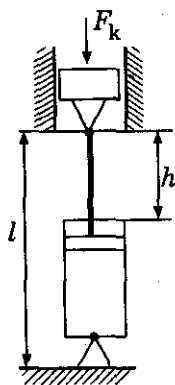
- F_2 Lực tác động lên xilanh, khi vận tốc hằng số
- A_1 Diện tích mặt đáy pittông, xem phương trình (5.2)
- A_2 Diện tích vòng găng pittông, xem phương trình (5.3)
- $p_{e,3}$ Áp suất trong xilanh ở đường vào
- $p_{e,4}$ Áp suất trong xilanh ở đường ra
- F_{R1} Lực ma sát trong xilanh ở đường vào
- F_{R2} Lực ma sát trong xilanh ở đường ra
- η Hiệu suất xilanh

– Kiểm tra tải trọng cho phép của cần pittông

a.



b.



Trong thực tế, vị trí của xilanh như trong hình 5.13, có ý nghĩa để kiểm tra tải trọng cho phép của cần pittông. Người ta phân thành 2 loại:

+ Trường hợp 1 = h (hình 5.13a) :

$$F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot l^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot h^2}$$

+ Trường hợp 1 $\approx$ 2.h (trường hợp Euler 2) hình 5.13b)

$$F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot h^2}$$

Hình 5.13 Tải trọng lên cần pittông

a. Trường hợp 1 = h

b. Trường hợp 1 $\approx$ 2.h

+ Lực uốn cho phép, được tính theo công thức sau :

$$F_{Kzul} \leq \frac{F_K}{S}$$

Trong đó :

E Modul đàn hồi

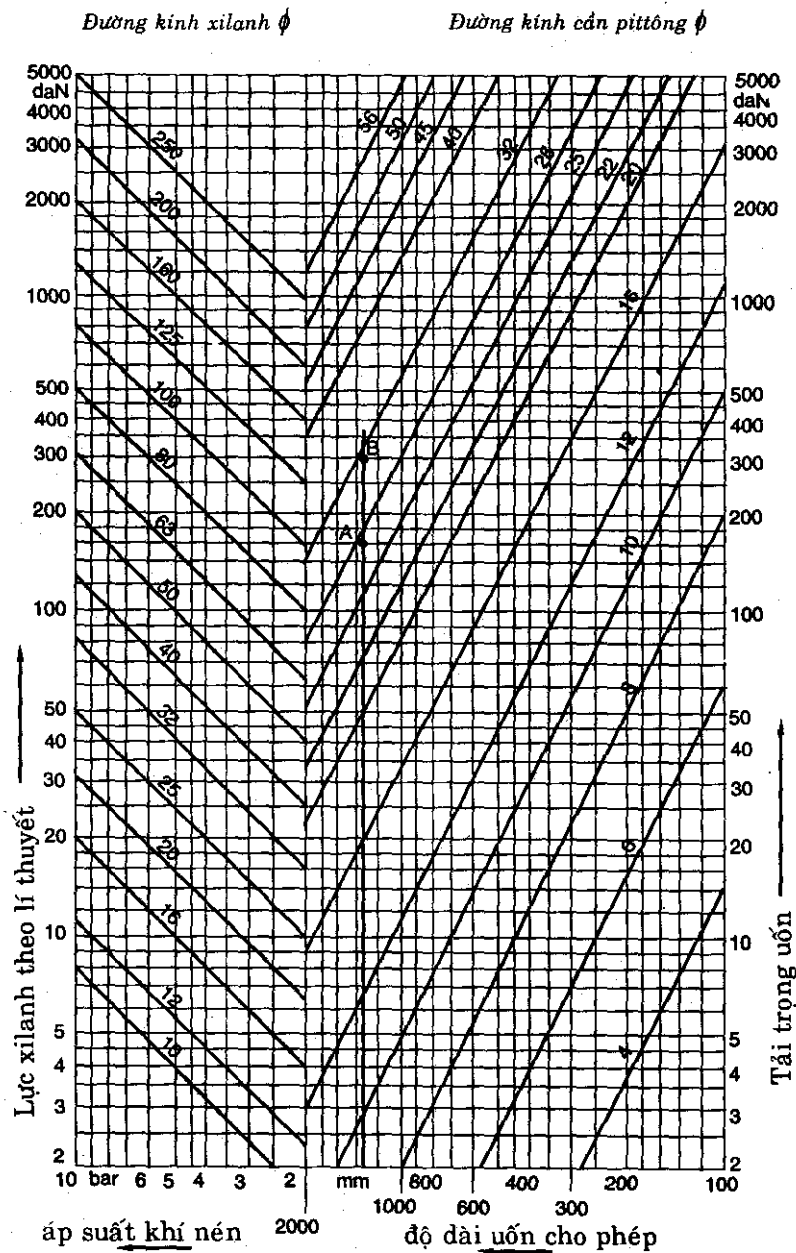
F_K Lực uốn

F_{Kzul} Lực uốn cho phép

J Mômen quán tính

S Hệ số an toàn ($3 \leq S \leq 5$)

Kiểm tra độ an toàn chịu uốn, kích thước đường kính cần pittông, xem biểu đồ trên hình 5.14.



Hình 5.14 Biểu đồ kiểm tra độ an toàn chịu uốn của cần pittông

Ví dụ : lực tác động lên xilanh khi pittông đi ra là 160 daN, với khoảng chạy 2h (1300 mm). Để độ an toàn chấp nhận được, chọn đường kính của cần pittông là 28 mm.

Nếu lực tác động lên xilanh khi pittông đi ra là 300 daN, điểm cắt B xác định đường kính cần pittông là 32 mm.

4. Xilanh không có cần pittông

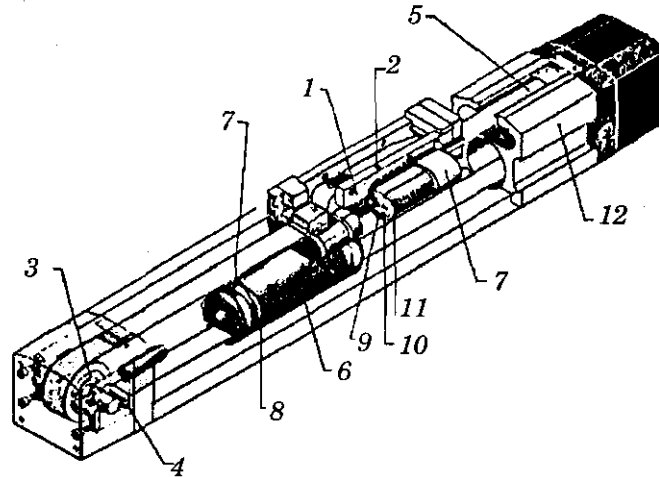
Xilanh không có cần pittông có ưu điểm so với loại xilanh có cần pittông là chiều dài thiết kế của nó chỉ bằng một nửa và chia làm thành 3 loại :

- Xilanh kiểu dây đai hay băng đai
- Xilanh kiểu rãnh then hoa
- Xilanh với bộ li hợp bằng nam châm

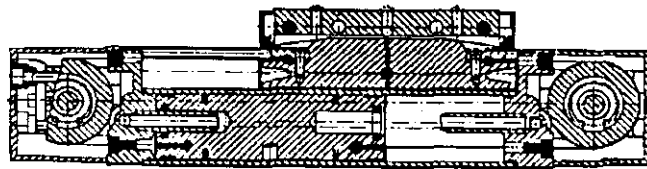
Cả 3 loại xilanh trên có khoảng chạy lớn, nhưng kích thước của xilanh không lớn.

a) Xilanh kiểu băng đai

Nguyên lí hoạt động xilanh kiểu băng đai (hình 5.15) : bàn trượt 1 nối với pittông 6 bằng băng đai 5. Khi pittông 6 chuyển động, băng đai 5 sẽ truyền qua con lăn 3 và bàn trượt 1 sẽ chuyển động. Trong quá trình chuyển động, bàn trượt 1 muốn dừng lại ở vị trí bất kì, bằng cách cho khí nén vào cửa nối 2, vào cơ cấu phanh 9, 10, 11.



1. Bàn trượt
2. Cửa nối để phanh bàn trượt bằng khí nén
3. Con lăn
4. Vòng đệm băng tải
5. Băng đai
6. Pittông
7. Vòng đệm dẫn hướng
8. Vòng đệm
9. Đĩa phanh
10. Guốc phanh
11. Má phanh
12. Đầu khối xilanh



Hình 5.15 Xilanh kiểu băng đai với thiết bị phanh Knorr

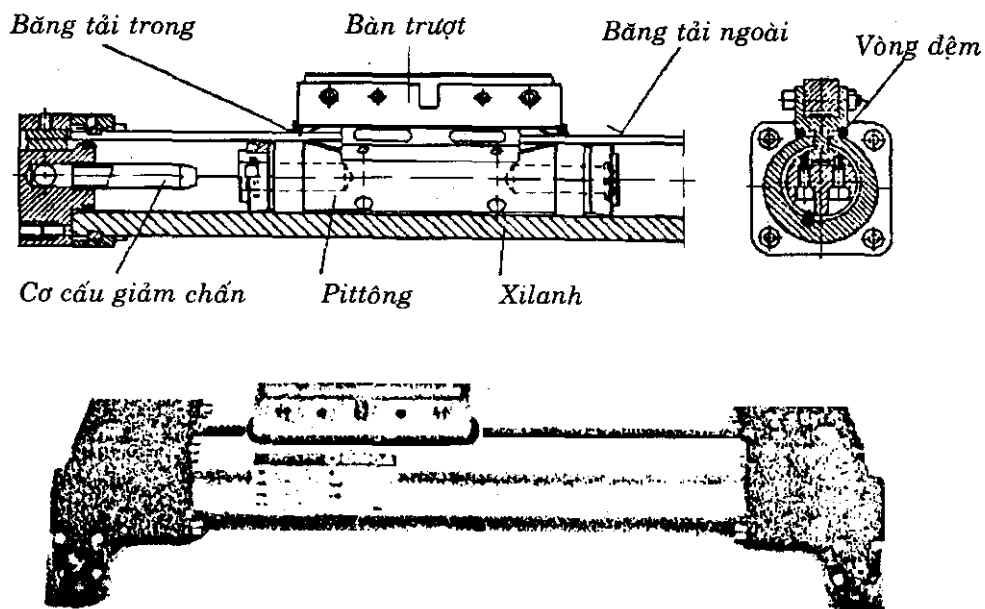
Trong quá trình chuyển động, bàn trượt 1 được trượt trên mặt dẫn hướng, như vậy sẽ loại trừ khả năng bàn trượt bị lật. Tùy theo kết cấu của từng loại phanh, xilanh kiểu băng đai có độ chính xác thời gian đóng, hãm khác nhau.

b) Xilanh trượt kiểu rãnh then hoa

Xilanh kiểu rãnh then hoa có cơ cấu giảm chấn ở cuối khoảng chạy (hình 5.16).

Chiều dài của xilanh cũng tương đương chiều dài của khoảng chạy. Với loại kết cấu như trên, xilanh kiểu rãnh then hoa chịu được tải trọng uốn lớn. Chiều dài khoảng chạy có thể đạt được đến 7m.

Lực xilanh sẽ được truyền đến bàn trượt qua má kẹp hình trụ. Bàn trượt sẽ được làm kín bằng vòng đệm đặc biệt. Hai băng tải : *băng tải trong* và *băng tải ngoài* được làm bằng thép và từ tính, để ngăn chặn khí nén thoát ra ngoài hay chất bẩn từ ngoài vào xilanh.

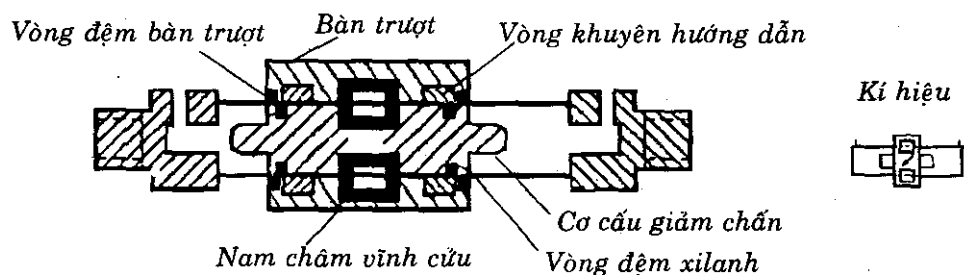


Hình 5.16 Xilanh trượt kiểu rãnh then hoa, bàn trượt được đệm kín bằng băng trượt trong và băng trượt ngoài (hãng Origa).

c) Xilanh với bộ li hợp bằng nam châm

Xilanh với bộ li hợp bằng nam châm có cơ cấu giảm chấn ở cuối khoảng chạy (hình 5.17). Chiều dài của xilanh cũng tương đương chiều dài của khoảng chạy. Với loại kết cấu như trên, xilanh chịu được tải trọng uốn lớn. Chiều dài khoảng chạy có thể đạt được đến 18m.

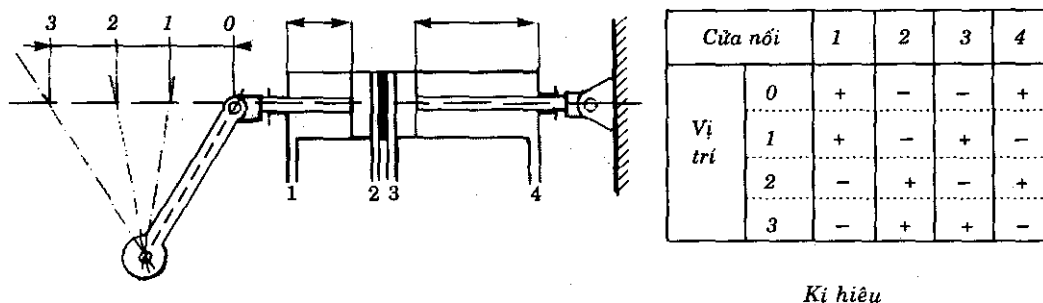
Lực xilanh sẽ được truyền đến bàn trượt qua lực hút nam châm. Bàn trượt sẽ được làm kín bằng vòng đệm đặc biệt. Vòng khuyên dẫn hướng có nhiệm vụ dẫn hướng bàn trượt. Lực hút của nam châm có hệ số từ 1,7 – 2,0 so với lực áp suất $p = 6 \text{ bar}$ của xilanh.



Hình 5.17 Xilanh với bộ li hợp bằng nam châm (hãng Festo)

5. Xilanh nhiều vị trí điều chỉnh

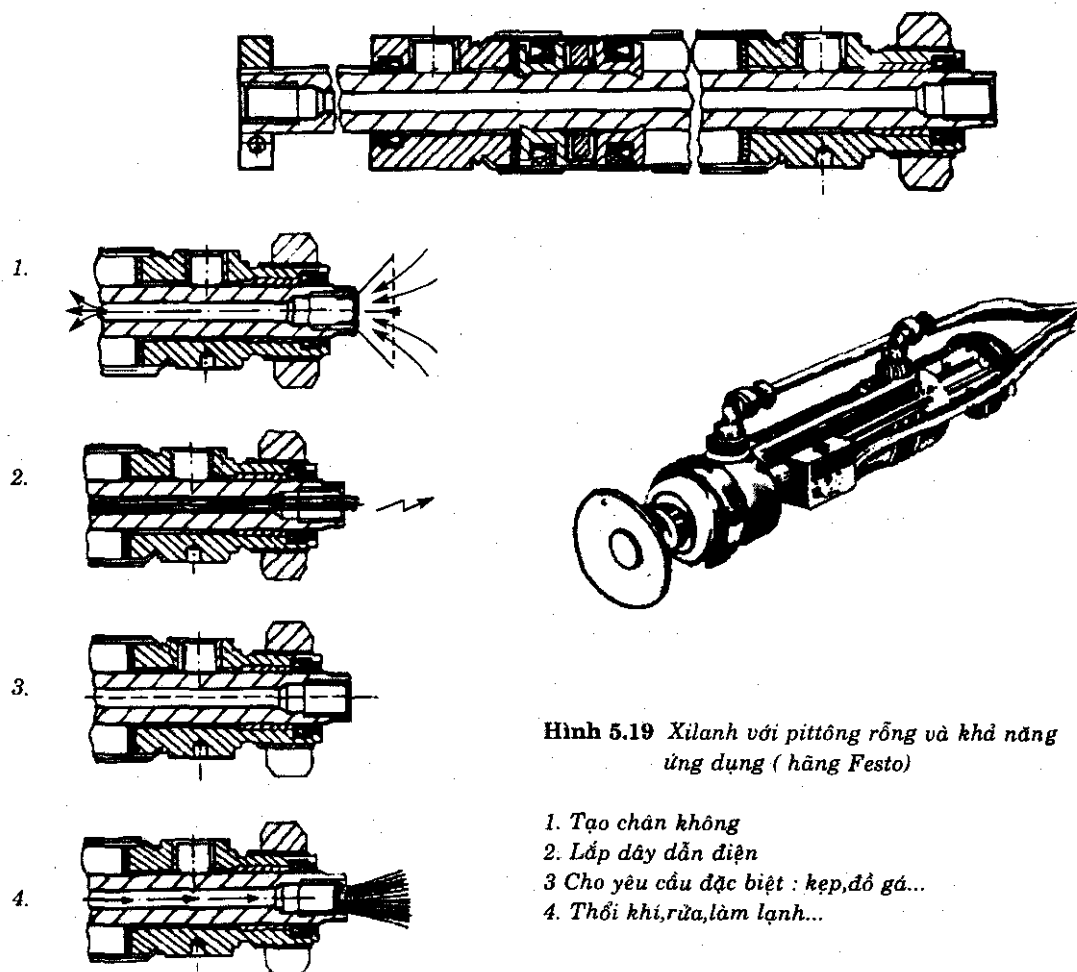
Xilanh nhiều vị trí điều chỉnh (hình 5.18) : gồm 2 xilanh tác dụng kép nối lại với nhau. Như vậy 4 cửa nối 1,2,3,4 được hoán vị và sẽ nhận được 4 vị trí tương ứng 0,1,2,3.



Hình 5.18 Xilanh nhiều vị trí điều chỉnh

6. Xilanh với pittông rỗng

Xilanh với pittông rỗng được ứng dụng với những mục đích khác nhau trình bày ở hình 5.19.

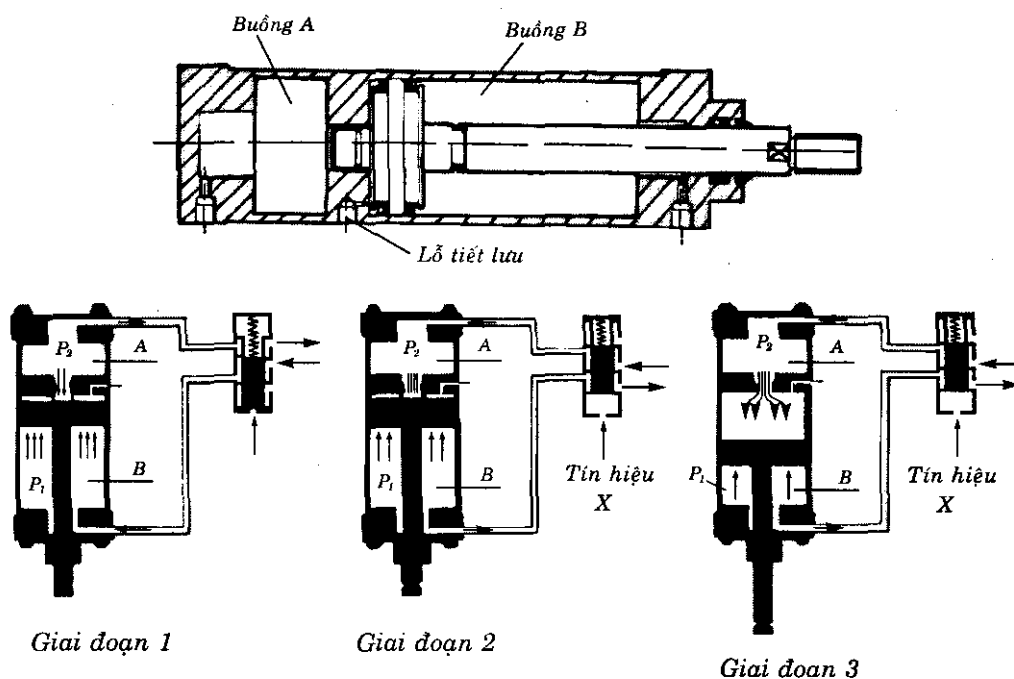


Hình 5.19 Xilanh với pittông rỗng và khả năng ứng dụng (hãng Festo)

1. Tạo chân không
2. Lắp dây dẫn điện
- 3 Cho yêu cầu đặc biệt : kẹp,đồ gá...
4. Thổi khí,rửa,làm lạnh...

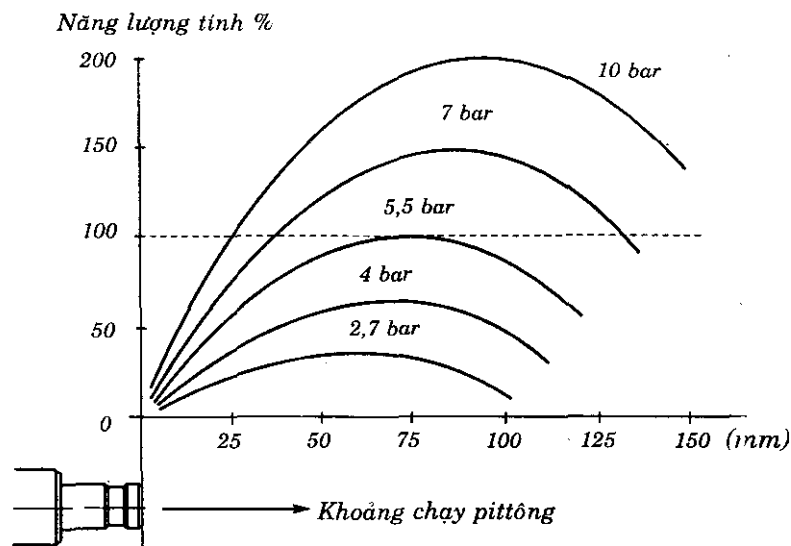
7. Xilanh va đập

Cấu tạo và nguyên lí hoạt động của xilanh va đập (hình 5.20) : xilanh chia thành 2 buồng A và B. Ngăn ở giữa 2 buồng, có 1 lỗ tiết lưu cho khí nén thoát ra ngoài. Trạng thái bình thường (giai đoạn 1), buồng B thông với áp suất khí quyển P_1 . Khi có tín hiệu X, khí nén sẽ vào buồng A, áp suất P_2 ban đầu chỉ tác động vào bề mặt diện tích nhỏ của xilanh (giai đoạn 2). Chỉ trong một thời gian ngắn, áp suất P_2 tác động lên cả bề mặt của xilanh trong buồng A, áp lực tăng lên đột ngột (giai đoạn 3) đẩy mạnh xilanh đi xuống.



Hình 5.20 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của xilanh và đập

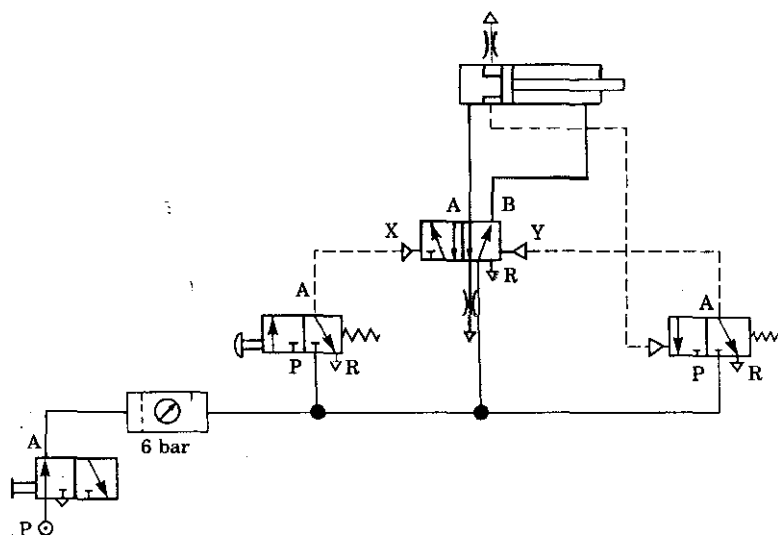
Năng lượng của xilanh và đập có thể điều chỉnh bằng cách điều chỉnh áp suất vào



xilanh. Biểu đồ ở hình 5.21 biểu thị sự phụ thuộc giữa năng lượng định mức và áp suất. Năng lượng lớn nhất cho áp suất khí nén thường sử dụng 4 bar – 7 bar là nằm trong khoảng chạy của pittông từ 55 mm đến 75 mm. Xilanh và đập được sản xuất với $\phi 50 - \phi 200$ mm, với áp suất 5,5 bar, lực và đập trong khoảng 5 – 20kN.

Hình 5.21 Biểu đồ năng lượng của xilanh và đập, áp suất và khoảng chạy pittông.

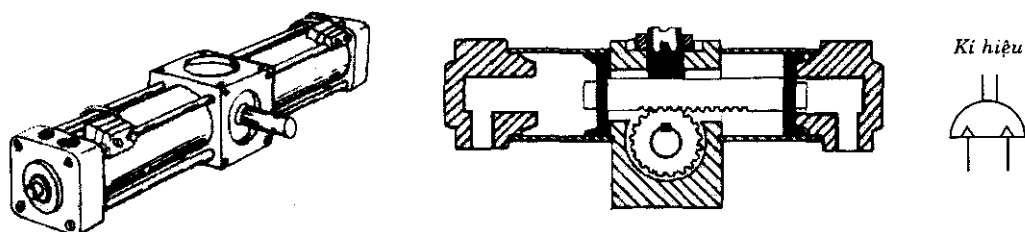
Hình 5.22 biểu diễn sơ đồ lắp xilanh và đập. Cửa nối nằm ở giữa 2 ngăn, điều khiển cho xilanh và đập tự động quay về.



Hình 5.22 Sơ đồ lắp ráp mạch xilanh và đập

8. Xilanh quay bằng thanh răng

Nguyên lý cấu tạo của xilanh quay bằng thanh răng trình bày trên hình 5.23. Phạm vi quay có thể 90° , 180° và 360° .

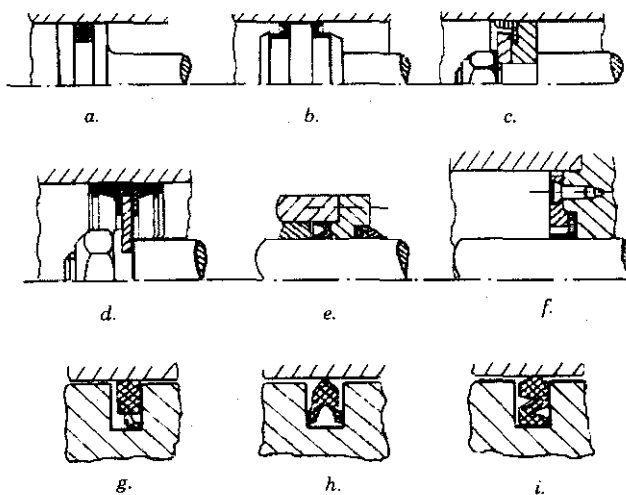


Hình 5.23 Xilanh quay bằng thanh răng (hãng Bosch)

9. Phần tử đệm kín xilanh

Hình 5.24 biểu diễn một số ví dụ ứng dụng các phần tử đệm kín xilanh. Vòng đệm dạng O, hình 5.24a, thích hợp cho xilanh chịu đựng áp suất cao, lực ma sát ở loại đệm này cũng lớn hơn so với loại đệm ở hình 5.24b và 5.24c. Loại đệm hình 5.24 g, h, i thích hợp cho loại áp suất nhỏ. Loại đệm kín hình 5.24 e, f để chắn bụi, chất bẩn.

Vật liệu của phần tử đệm kín thường làm từ cao su tổng hợp hoặc cao su tự nhiên. Khả năng chịu đựng dầu, mỡ, nhiệt độ... là tiêu chuẩn cho các phần tử đệm kín.



Hình 5.24 Các phần tử đệm kín xilanh

III. ĐỘNG CƠ KHÍ NÉN

Động cơ khí nén là cơ cấu chấp hành, có nhiệm vụ biến đổi năng lượng *thế năng* hay *động năng* của khí nén thành năng lượng cơ học – *chuyển động quay*.

Động cơ khí nén có những *ưu điểm* sau :

- Điều chỉnh đơn giản mômen quay và số vòng quay.
- Đạt được với số vòng quay cao và điều chỉnh vô cấp.
- Không xảy ra hư hỏng, khi có tải trọng quá tải.
- Giá thành bảo dưỡng thấp.

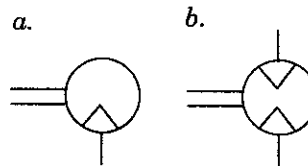
Tuy nhiên động cơ khí nén có những *nhược điểm* sau :

- Giá thành năng lượng cao (khoảng 10 lần cao hơn so với động cơ điện)
- Số vòng quay phụ thuộc khá nhiều khi tải trọng thay đổi.
- Xảy ra tiếng ồn lớn khi xả khí.

Động cơ khí nén được kí hiệu như ở hình 5.25.

Hình 5.25 Kí hiệu

- a. Động cơ quay một chiều
- b. Động cơ quay hai chiều

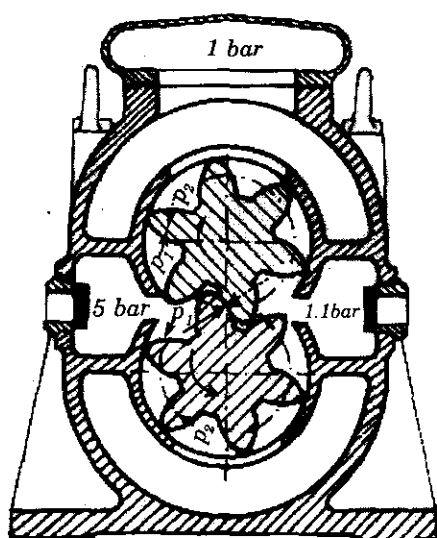


Phần tiếp theo sẽ giới thiệu một số loại động cơ khí nén được ứng dụng nhiều trong thực tế.

1. Động cơ bánh răng

Theo thiết kế, động cơ bánh răng phân thành 3 loại : *động cơ bánh răng thẳng*, *động cơ bánh răng nghiêng*, *động cơ bánh răng chữ V* (hình 3.56). Động cơ bánh răng thường có công suất đến 59 kW với áp suất làm việc 6 bar và mômen quay đạt được đến 540 Nm.

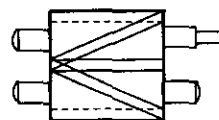
- *Động cơ bánh răng thẳng* : mômen quay được tạo ra bởi áp suất khí nén lên mặt bên răng. Ống thải khí được thiết kế dài để có nhiệm vụ giảm tiếng ồn.
- *Động cơ bánh răng nghiêng* : nguyên lí hoạt động như bánh răng thẳng, điểm chú ý là ổ lăn phải chọn để khử được lực hướng trục và lực dọc trục.
- *Động cơ bánh răng chữ V* : có ưu điểm là giảm được tiếng ồn.



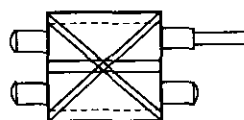
Động cơ bánh răng thẳng



Động cơ bánh răng nghiêng



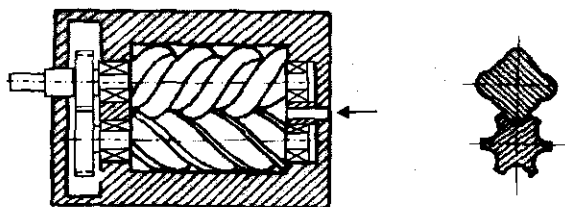
Động cơ bánh răng chữ V



Hình 5.26 Động cơ bánh răng (hãng Atlas Copco)

2. Động cơ trục vít

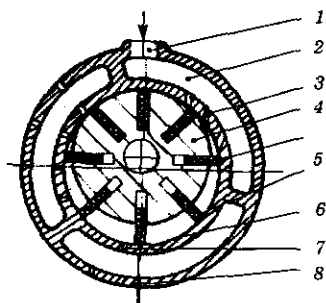
Hai trục quay của động cơ trục vít có biên dạng lồi và biên dạng lõm. Số răng của mỗi trục khác nhau (hình 5.27). Điều kiện để 2 trục quay ăn khớp là hai trục phải quay đồng bộ.



Hình 5.27 Động cơ trục vít (hãng Atlas Copco)

3. Động cơ cánh gạt

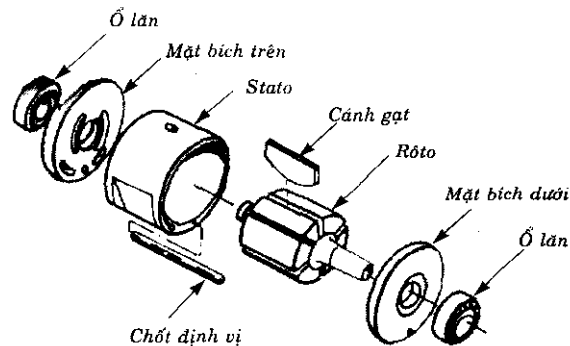
Nguyên lý hoạt động của động cơ cánh gạt (hình 5.28) : khí nén sẽ được dẫn vào cửa 1, qua rãnh vòng 2 vào lỗ dẫn khí nén 3. Dưới tác dụng áp suất lên cánh gạt, rôto quay. Khí nén được thải ra ngoài bằng lỗ 8.



1. Cửa nối khí nén vào
2. Rãnh vòng
3. Lỗ dẫn khí nén vào
4. Rôto
5. Cánh gạt
6. Stato
7. Lỗ dẫn khí
8. Lỗ dẫn khí nén thoát ra

Hình 5.28 Nguyên lý hoạt động của động cơ cánh gạt

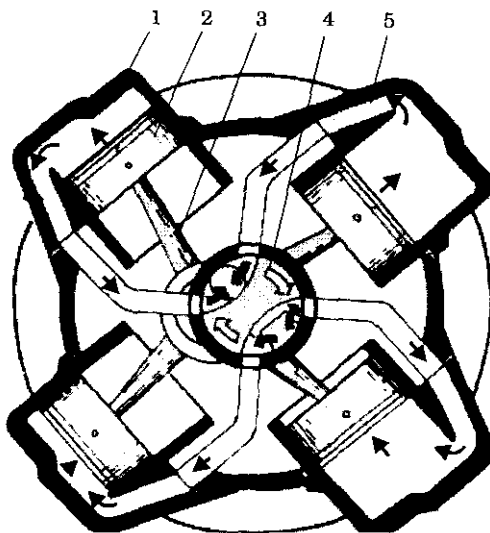
Để chuẩn bị cho động cơ khởi động, cánh gạt phải được áp sát vào thành rôto ; một số hãng sản xuất đã chế tạo lỗ dẫn khí nén vào được dẫn từ mặt bích trên của động cơ (hình 5.29)



Hình 5.29 Cấu tạo của động cơ cánh gạt (hãng Gardner - Denver)

4. Động cơ pittông hướng kính

Động cơ pittông hướng kính có công suất từ 1,5 đến 11 kW. Nguyên lí hoạt động (hình 5.30) : áp suất khí nén sẽ tác động lên pittông 2, qua thanh truyền 3 làm cho trục khuỷu quay. Để cho trục quay không bị va đập và tải trọng đều trong lúc quay, thường bố trí nhiều xilanh.

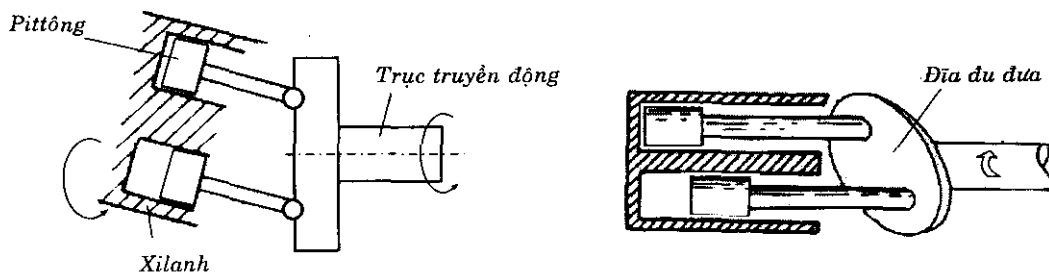


1. Xilanh
2. Pittông
3. Thanh truyền
4. Van điều khiển
5. Kênh dẫn trong xilanh

Hình 5.30 Động cơ pittông hướng kính

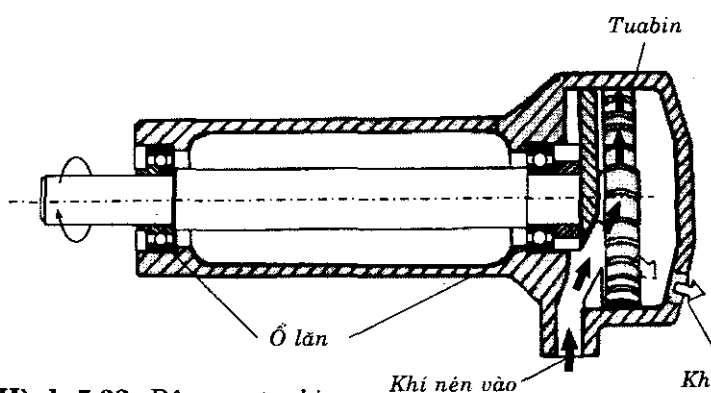
5. Động cơ pittông dọc trục

Động cơ pittông dọc trục phần lớn được sắp xếp 5 xilanh dọc theo trục gắn trên đĩa du đưa. Mômen quay được tạo thành bởi lực tiếp tuyến của xilanh tác động. Động cơ xilanh dọc trục điều khiển vòng quay được vô cấp và đạt được mômen quay 900 Nm (hình 5.31).



Hình 5.31 Nguyên lý hoạt động của xilanh dọc trục (hãng Atlas Copco)

6. Động cơ tuabin



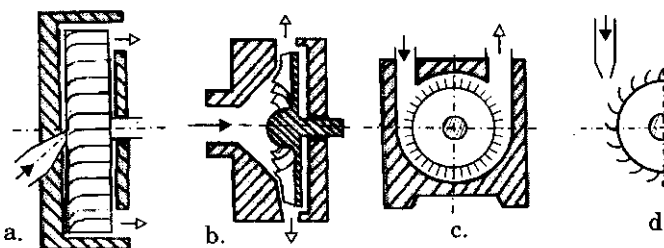
Hình 5.32 Động cơ tuabin

Nguyên lý hoạt động của động cơ tuabin là chuyển đổi động năng của dòng khí nén qua vòi phun thành năng lượng cơ học (hình 5.32). Vì vậy động cơ đạt số vòng quay rất cao (10.000 vòng/phút).

Động cơ tuabin được phân chia theo hướng dòng khí nén vào tuabin thành các loại : dọc trục, hướng trục, tiếp tuyến và tuabin tia phun tự do (hình 5.33).

Hình 5.33 Động cơ tuabin

- a. Dọc trục
- b. Hướng trục
- c. Tiếp tuyến
- d. Tia phun tự do

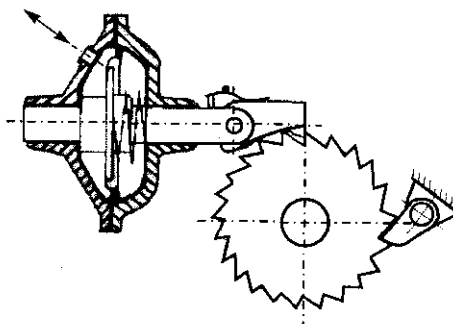


7. Động cơ màng

Nguyên lý hoạt động của động cơ màng (hình 5.34) : khi dòng khí nén vào, làm cho màng dao động. Nếu nối màng với thanh truyền và bánh con cóc, thì sẽ trở thành chuyển động quay không liên tục.

8. Đường đặc trưng của động cơ khí nén

Trong thực tế, các loại động cơ khí



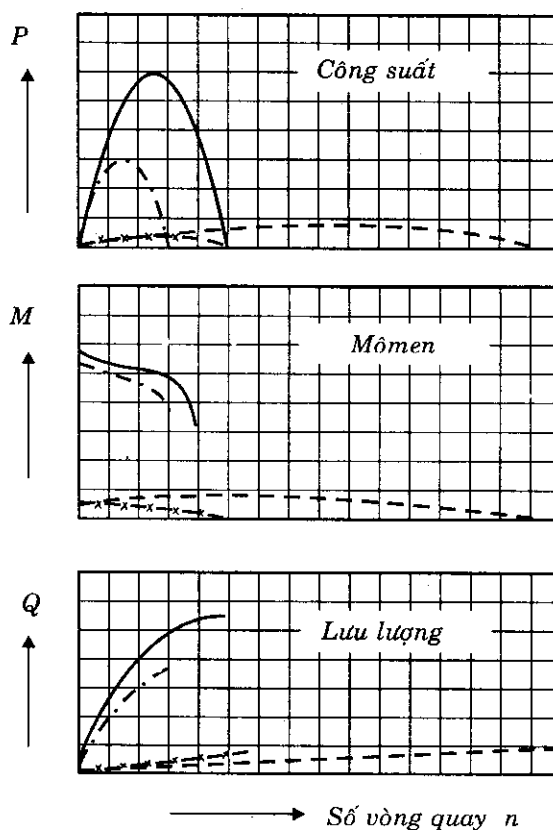
Hình 5.34 Động cơ màng

nén bánh răng, cánh gạt, pittông hướng kính và pittông hướng trục thường được sử dụng nhiều nhất. Mỗi loại động cơ có những đường đặc trưng về công suất, mômen và lưu lượng được biểu diễn ở hình 5.35.

Qua những đường đặc trưng biểu diễn ở hình 5.35, thấy rằng động cơ bánh răng cho công suất và mômen lớn nhất, nhưng phải cần lưu lượng khí nén lớn.

- Động cơ bánh răng
- · - · Động cơ pittông hướng kính
- x - x - Động cơ pittông hướng trục
- - - Động cơ cánh gạt

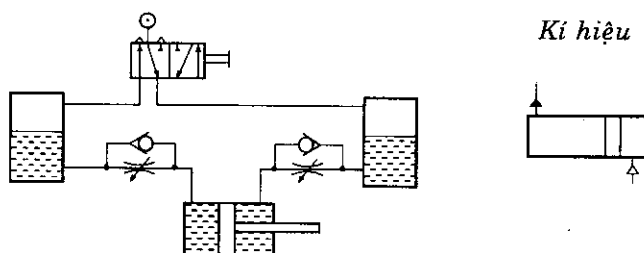
Hình 5.35 Đường đặc trưng của các loại động cơ .



IV. BỘ BIẾN ĐỔI ÁP LỰC

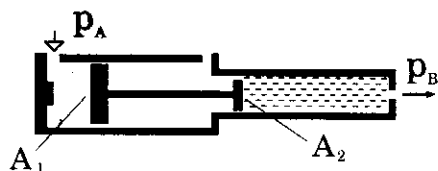
1. Biến đổi áp lực khí nén thành áp lực thủy lực cùng áp suất được minh họa ở hình 5.36.

Như vậy truyền động thực hiện bằng khí nén, nhưng độ dẫn tiến được thực hiện bằng thủy lực có tiết lưu.

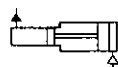


Hình 5.36 Bộ biến đổi áp lực

2. Khuếch đại áp lực là biến đổi áp lực khí nén thành áp lực khí nén hay thủy lực nhưng có độ lớn tăng lên (hình 5.37). Ta có :



Kí hiệu



$$P_B = P_A \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

Trong đó :

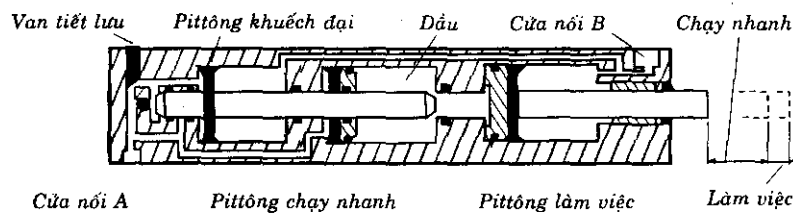
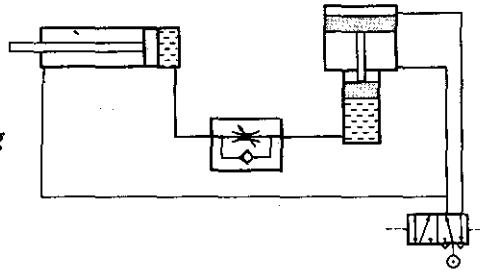
P_B áp suất khuếch đại

Hình 5.37 Bộ khuếch đại áp lực và kí hiệu.

p_A áp suất khí nén
 A_1, A_2 diện tích pittông

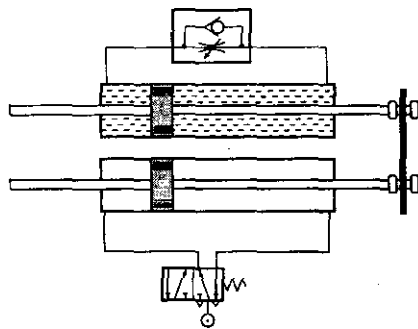
Hình 5.38 và hình 5.39 giới thiệu những bộ khuếch đại khác nhau.

Hình 5.38 Điều khiển xilanh bằng bộ khuếch đại.



Hình 5.39 Bộ khuếch đại lực với van tiết lưu điều chỉnh thời gian của hành trình chạy nhanh và làm việc.

Hình 5.40 là nguyên lý hoạt động của xilanh khí nén được giảm chấn bằng xilanh dầu. Xilanh khí nén và xilanh dầu có cùng vận tốc. Nhờ van tiết lưu một chiều, mà trong quá trình xilanh khí nén chuyển động, dầu được tiết lưu và như vậy xilanh khí nén được hãm hay giảm chấn. Với kết cấu loại này, quá trình thay đổi tải trọng không ảnh hưởng đến vận tốc chuyển động của xilanh khí nén.



Hình 5.40 Nguyên lý hoạt động của xilanh khí nén được giảm chấn bằng xilanh dầu.

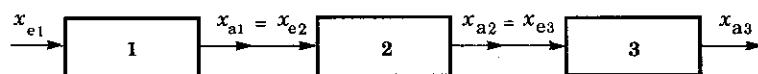
CHƯƠNG VI

CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN BẰNG KHÍ NÉN

I. KHÁI NIỆM CƠ BẢN

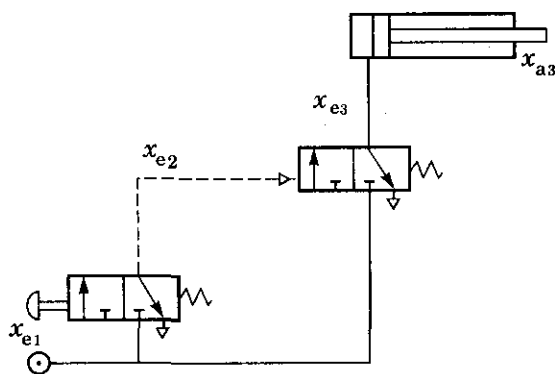
Khái niệm “Điều khiển” theo tiêu chuẩn *DIN 19 226* (Cộng hòa Liên bang Đức) được định nghĩa : là quá trình của một hệ thống, trong đó dưới tác động của một hay nhiều đại lượng vào, những đại lượng ra được thay đổi theo một quy luật nhất định của hệ thống đó.

Đặc trưng cho quá trình điều khiển là **mạch tác động hở** (*hệ thống điều khiển hở*). Cấu trúc của hệ thống điều khiển hở được biểu diễn như trên hình 6.1.



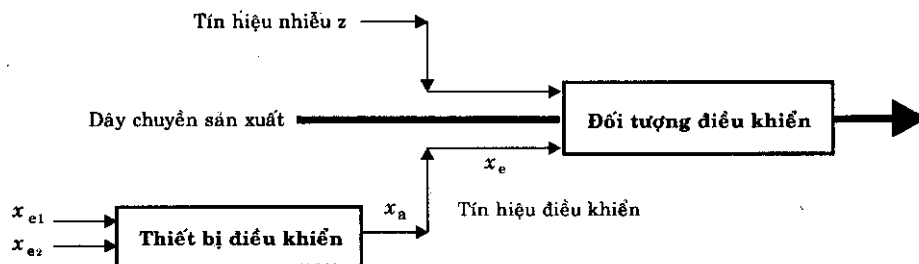
Hình 6.1 Hệ thống điều khiển hở

Các phần tử trong hệ thống điều khiển được biểu diễn bằng hình chữ nhật, trong đó tín hiệu vào được ký hiệu x_e , tín hiệu ra ký hiệu x_a . Ví dụ hình 6.2 là mạch điều khiển đơn giản của xilanh. Dưới tác động của đại lượng vào x_{e1} (nút bấm của van đảo chiều 3/2), đại lượng ra x_{a1} (khí nén) sẽ qua van đảo chiều. Đại lượng ra x_{a1} coi như là đại lượng vào x_{e2} của phần tử tiếp theo, tác động vào phần tử 2, làm thay đổi vị trí của van đảo chiều. Tiếp tục tín hiệu ra x_{a2} như là tín hiệu vào x_{e3} tác động vào xilanh. Quá trình xilanh đi ra là tín hiệu x_{a3} .



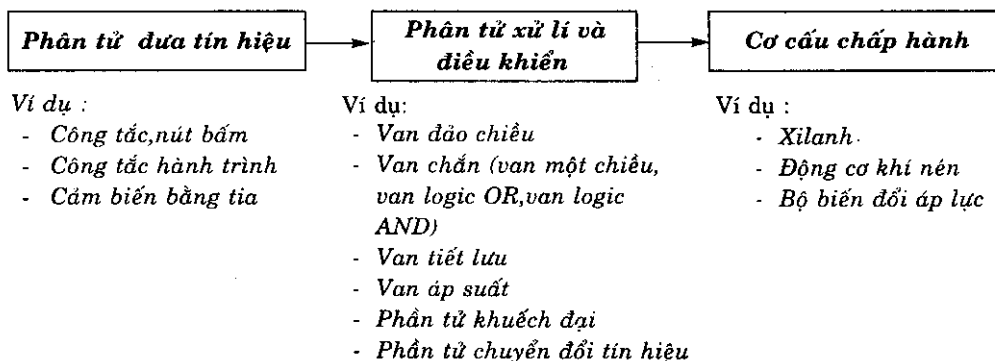
Hình 6.2 Mạch điều khiển xilanh

Một hệ thống điều khiển bao gồm: thiết bị điều khiển và đối tượng điều khiển, xem sơ đồ trên hình 6.3.



Hình 6.3 Sơ đồ hệ thống điều khiển

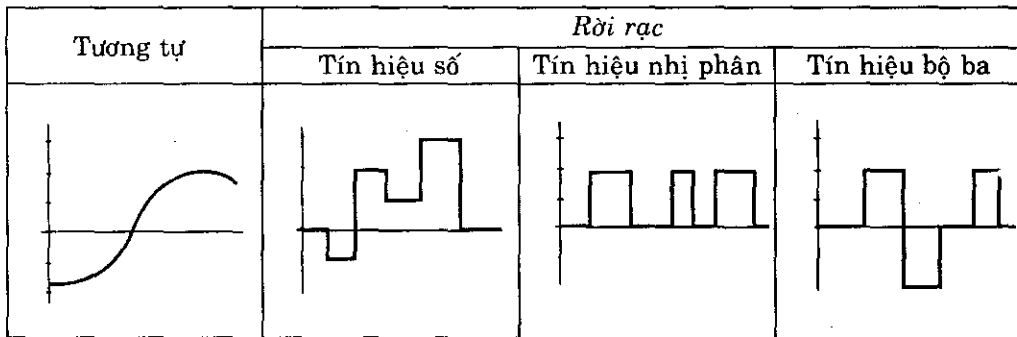
- **Đối tượng điều khiển** là các loại thiết bị, máy móc trong kĩ thuật.
- **Thiết bị điều khiển** (*mạch điều khiển*) bao gồm : *phần tử đưa tín hiệu, phần tử xử lí và điều khiển, cơ cấu chấp hành* (hình 6.4).
- **Tín hiệu điều khiển** là đại lượng ra x_a của thiết bị điều khiển và đại lượng vào x_e của đối tượng điều khiển.
- **Tín hiệu nhiễu z** là đại lượng được tác động từ bên ngoài vào hệ thống và gây ảnh hưởng xấu lên hệ thống.



Hình 6.4 Các phân tử của mạch điều khiển

Thông tin (*tín hiệu vào x_e và tín hiệu ra x_a*) để cho mạch điều khiển bằng khí nén theo một quy luật định sẵn có thể thực hiện được là *tín hiệu áp suất*. Đại lượng đặc trưng của tín hiệu, giá trị áp suất được gọi là *thông số tín hiệu*.

Khi tín hiệu áp suất được thay đổi liên tục ; tương ứng những giá trị áp suất, nhận được những thông tin tương ứng khác nhau, được gọi là *tín hiệu tương tự* (hình 6.5)



Hình 6.5 Phân loại tín hiệu

- Khi tín hiệu mà biên độ thay đổi gián đoạn, được gọi là *tín hiệu rời rạc*.
- Khi giá trị của tín hiệu thay đổi được định nghĩa dưới dạng mã nhị phân, gọi là *tín hiệu số*.
- *Tín hiệu nhị phân* là tín hiệu số chỉ có hai giá trị (0 và 1) và *tín hiệu bộ ba* là tín hiệu số có ba giá trị (hình 6.5).

Điều khiển bằng khí nén phần lớn sử dụng *tín hiệu nhị phân* ; ví dụ :

Đóng	Mở
<i>Van đóng</i>	<i>Van mở</i>
<i>Có áp suất</i>	<i>Không có áp suất</i>

II- PHẦN TỬ MẠCH LOGIC

Các phần tử cơ bản của mạch logic được kí hiệu theo tiêu chuẩn *DIN 40 100* (Cộng hòa Liên bang Đức), trình bày trên *bảng 6.1*.

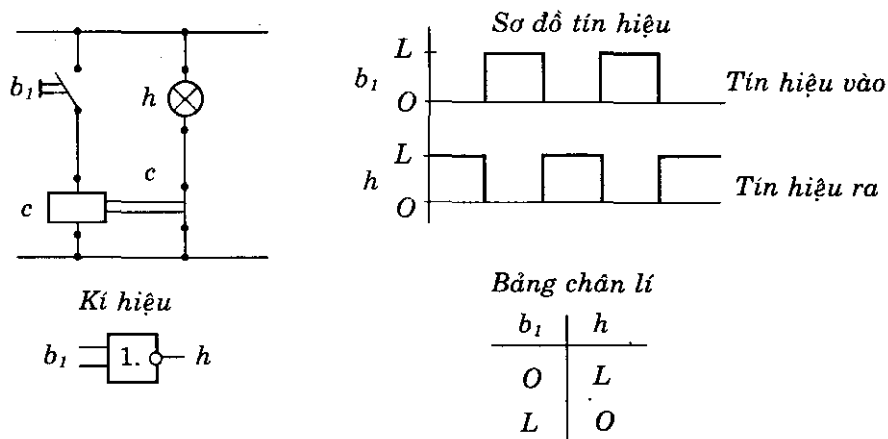
Số TT	Kí hiệu	Tên gọi
1		NOT
2		AND
3		NAND
4		OR
5		NOR
6		XOR (EXC-OR)

Bảng 6.1 Phần tử cơ bản của mạch logic

1. Phần tử logic NOT (phủ định)

Phần tử logic NOT (phủ định) minh họa trong hình 6.6. Khi nhấn nút b_1 , rơle c có

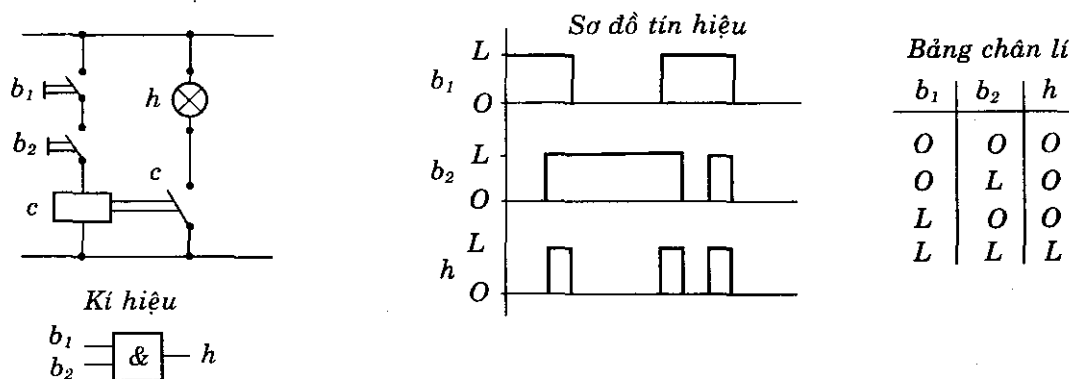
điện, bóng đèn h mất điện và ngược lại khi nhấn nút b_1 , bóng đèn h sáng.



Hình 6.6 Phần tử logic NOT (phủ định)

2. Phần tử logic AND (và)

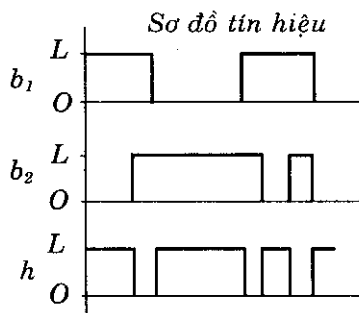
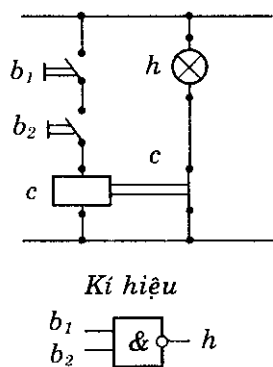
Phần tử logic AND (và) minh họa trong hình 6.7. Khi nhấn nút b_1 đồng thời nhấn nút b_2 role c có điện, bóng đèn h sáng.



Hình 6.7 Phần tử logic AND

3. Phần tử logic NAND (và-không)

Phần tử logic NAND (và-không) minh họa trong hình 6.8. Khi nhấn nút b_1 đồng thời nhấn nút b_2 role c mất điện, bóng đèn h tắt.



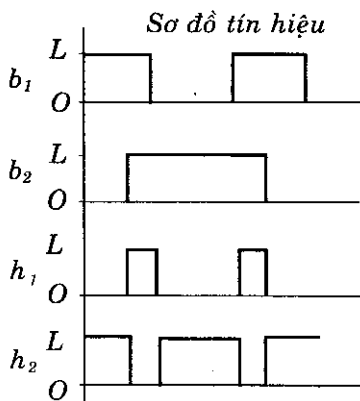
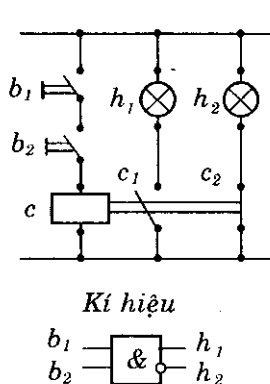
Bảng chân lí

b_1	b_2	h
O	O	L
O	L	L
L	O	L
L	L	O

Hình 6.8 Phần tử logic NAND

4. Phần tử logic AND – NAND

Phần tử logic AND – NAND có 2 tín hiệu ra h_1 và h_2 . Sơ đồ mạch hình 6.9 cho thấy rằng với sự liên hệ cứng giữa c , c_1 và c_2 , thì tín hiệu h_1 và h_2 không bao giờ đồng thời.



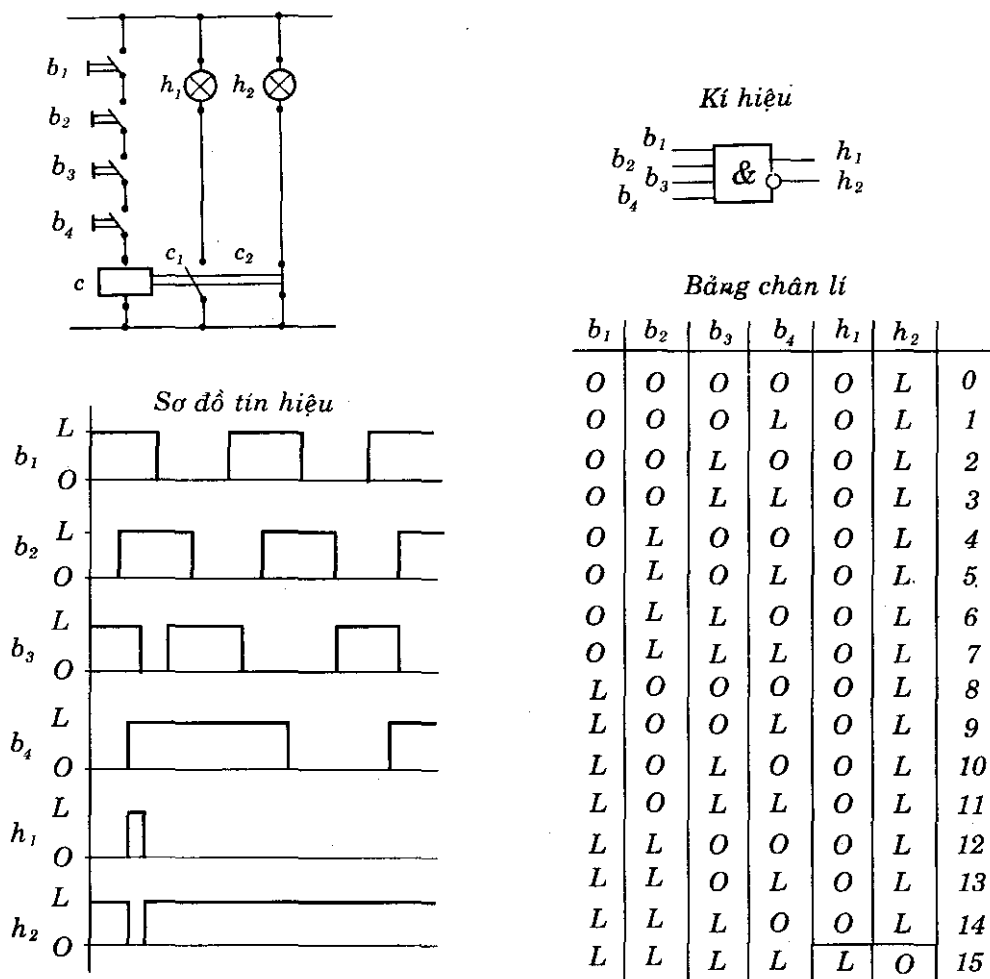
Bảng chân lí

b_1	b_2	h_1	h_2
O	O	O	L
O	L	O	L
L	O	O	L
L	L	L	O

Hình 6.9 Phần tử logic AND - NAND

5. Phần tử logic AND – NAND với 4 tín hiệu vào

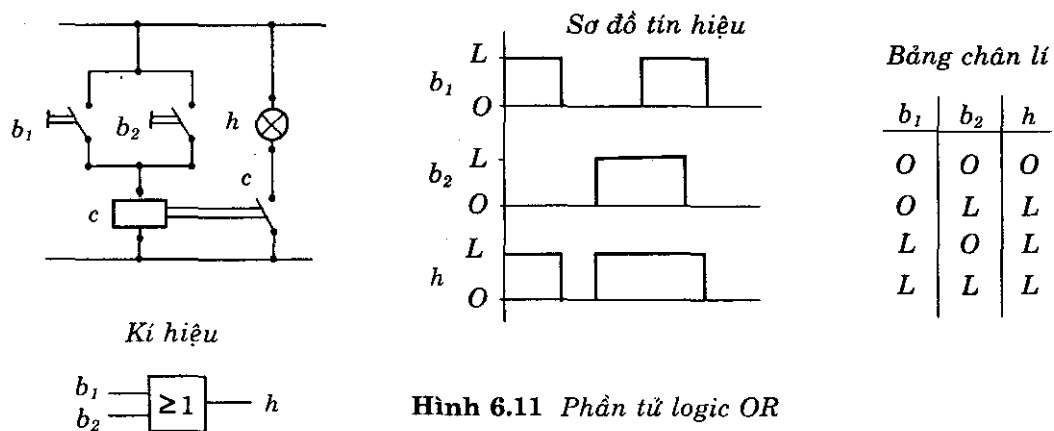
Sơ đồ mạch logic AND – NAND với 4 tín hiệu vào b_1 , b_2 , b_3 , b_4 và 2 tín hiệu ra h_1 , h_2 biểu diễn ở hình 6.10. Tín hiệu ra h_1 và h_2 sẽ thay đổi, khi cả 4 nút ấn các tín hiệu vào đều phải thực hiện đồng thời. Theo bảng chân lí với 4 tín hiệu vào, có $2^4 = 16$ khả năng mạch kết hợp có thể.



Hình 6.10 Phần tử logic AND - NAND với 4 tín hiệu vào

6. Phần tử logic OR (hoặc)

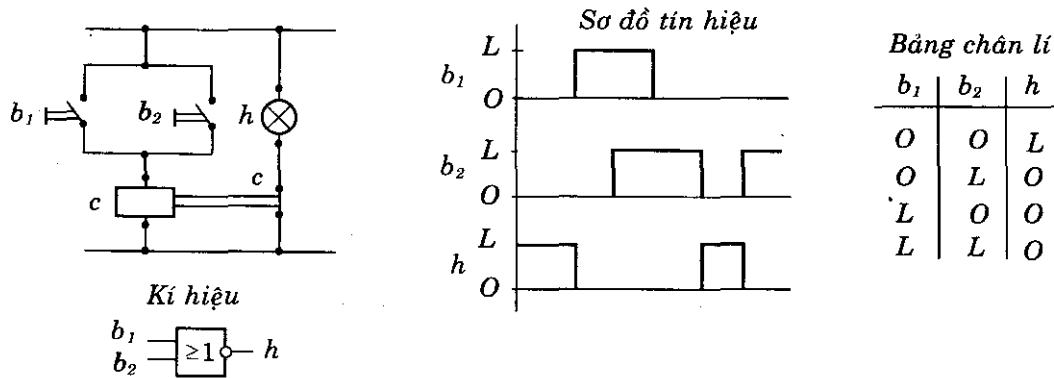
Đèn h sáng, khi nhấn nút b_1 hoặc b_2 . Kí hiệu, sơ đồ tín hiệu, bảng chân lí của phần tử logic OR được trình bày ở hình 6.11.



Hình 6.11 Phần tử logic OR

7. Phần tử logic NOR (hoặc-không)

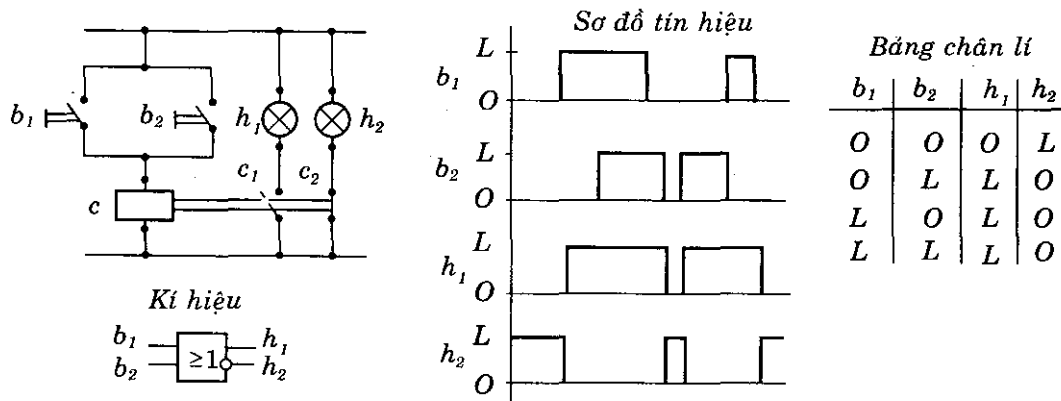
Khi một trong 2 nút ấn b_1 hoặc b_2 được thực hiện, thì đèn h tắt. Đèn h sáng khi không có tín hiệu nào thực hiện cả. Kí hiệu, sơ đồ tín hiệu và bảng chân lí của phần tử logic NOR được trình bày ở hình 6.12.



Hình 6.12 Phần tử logic NOR

8. Phần tử logic OR/NOR

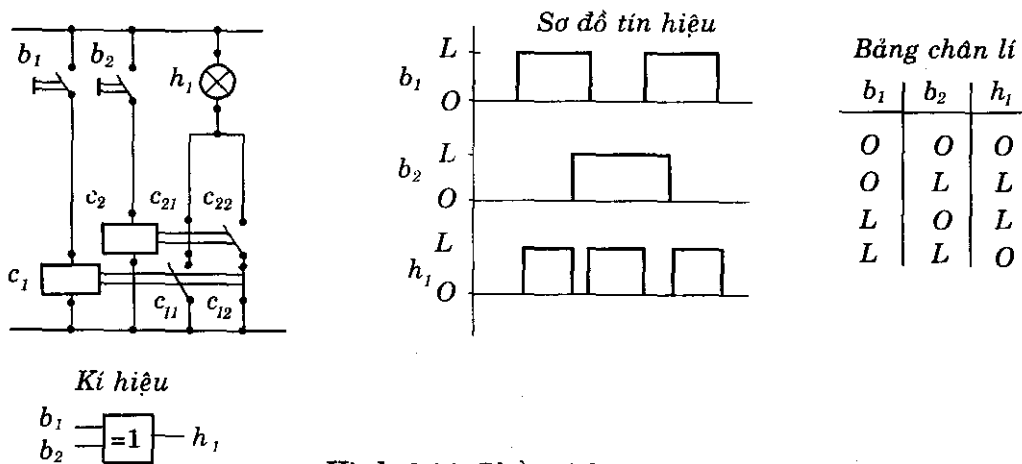
Phần tử logic OR/NOR với 2 tín hiệu vào b_1, b_2 và 2 tín hiệu ra h_1 và h_2 được trình bày ở hình 6.13.



Hình 6.13 Phần tử logic OR/NOR với 2 tín hiệu vào và 2 tín hiệu ra.

9. Phần tử logic XOR (EXC-OR)

Đèn h sáng, khi nút ấn b_1 thực hiện hoặc b_2 thực hiện. Khi nhấn cả 2 nút đồng thời, đèn h_1 mất điện. Kí hiệu, sơ đồ tín hiệu và bảng chân lí của phần tử logic XOR được trình bày ở hình 6.14.



Hình 6.14 Phần tử logic XOR (EXC-OR)

III. LÝ THUYẾT ĐẠI SỐ BOOLE

Trong kĩ thuật điều khiển, giá trị của các tín hiệu vào và tín hiệu ra được viết dưới dạng biến số của đại số Boole.

1. Quy tắc cơ bản của đại số Boole

Phép toán liên kết AND (và)

$$\begin{aligned} L \wedge L \wedge L &= L \\ L \wedge O \wedge O &= O \\ L \wedge L \wedge O &= O \\ L \wedge O \wedge L &= O \\ O \wedge L \wedge L &= O \\ O \wedge O \wedge O &= O \end{aligned}$$

Phép toán liên kết OR (hoặc)

$$\begin{aligned} L \vee L \vee L &= L \\ L \vee O \vee O &= L \\ L \vee L \vee O &= L \\ O \vee L \vee L &= L \\ L \vee O \vee L &= L \\ O \vee O \vee O &= O \end{aligned}$$

Phép toán liên kết NOT (phủ định)

$$\begin{aligned} \bar{O} &= L \\ \bar{L} &= O \end{aligned}$$

a) Quy tắc hoán vị

Các toán tử b_1 và b_2 có thể hoán vị cho nhau :

$$\begin{aligned} b_1 \wedge b_2 &= b_2 \wedge b_1 \\ b_1 \vee b_2 &= b_2 \vee b_1 \end{aligned}$$

b) Quy tắc kết hợp $b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 = (b_1 \wedge b_2) \wedge b_3 = b_1 \wedge (b_2 \wedge b_3)$

$$b_1 \vee b_2 \vee b_3 = (b_1 \vee b_2) \vee b_3 = b_1 \vee (b_2 \vee b_3)$$

c) Quy tắc phân phối

Phép toán liên kết AND, OR và NOT được kết hợp với nhau :

$$(b_1 \wedge b_2) \vee (b_3 \wedge b_4) = (b_1 \vee b_3) \wedge (b_1 \vee b_4) \wedge (b_2 \vee b_3) \wedge (b_2 \vee b_4)$$

$$(b_1 \vee b_2) \wedge (b_3 \vee b_4) = (b_1 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge b_4) \vee (b_2 \wedge b_3) \vee (b_2 \wedge b_4)$$

$$b_1 \wedge (b_2 \vee b_3) = (b_1 \wedge b_2) \vee (b_1 \wedge b_3)$$

$$b_1 \vee (b_2 \wedge b_3) = (b_1 \vee b_2) \wedge (b_1 \vee b_3)$$

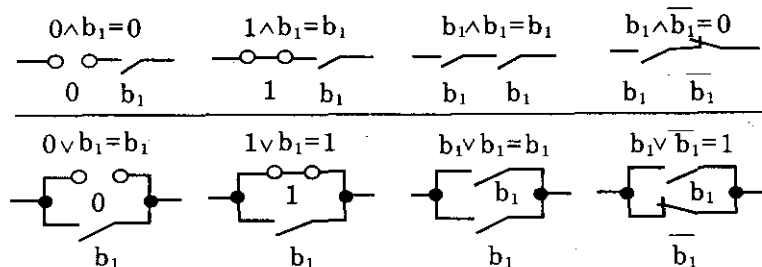
d) Quy tắc nghịch đảo (Quy tắc Morgan)

Phép toán liên kết AND được chuyển đổi thành phép toán liên kết OR bằng phép toán phủ định NOT và phép toán liên kết OR được chuyển đổi thành phép toán liên kết AND bằng phép toán phủ định NOT :

$$\begin{array}{lll} \overline{b_1 \vee b_2} = \overline{b_1} \wedge \overline{b_2} & \overline{b_1 \vee b_2 \vee b_3} = \overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} & \overline{b_1 \vee b_2 \vee b_3} = \overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \\ \overline{\overline{b_1 \vee b_2}} = \overline{\overline{b_1} \wedge \overline{b_2}} & \overline{\overline{b_1 \vee b_2 \vee b_3}} = \overline{\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3}} & \overline{\overline{b_1 \vee b_2 \vee b_3}} = \overline{\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3}} \\ & b_1 \vee b_2 \vee b_3 = \overline{\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3}} & \overline{\overline{b_1 \vee b_2 \vee b_3}} = b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \end{array}$$

d) Quy tắc đơn giản các liên kết

Quy tắc đơn giản các phép toán liên kết được trình bày ở hình 6.15.



Hình 6.15 Quy tắc đơn giản các phép toán liên kết

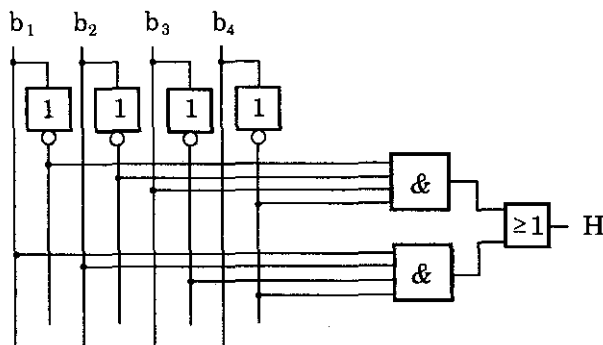
e) Ví dụ minh họa

Ví dụ 1 : từ phương trình logic sau đây :

$$(\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) = H$$

Hãy thiết kế sơ đồ mạch logic, sao cho số phần tử logic ít nhất và sử dụng số phần tử logic đơn giản với số cổng vào càng ít càng tốt.

Theo phương trình logic, ta có được sơ đồ mạch logic được thiết kế như hình 6.16. Như vậy số phần tử logic phải có như sau :



– 4 phần tử logic NOT :

$$\overline{b_1}, \overline{b_2}, \overline{b_3}, \overline{b_4}$$

– 2 phần tử AND với 4 cổng vào.

– 1 phần tử OR với 2 cổng vào.

7 phần tử

Theo quy tắc Morgan, ta biến đổi như sau :

Hình 6.16 Sơ đồ mạch logic với 7 phần tử

$$\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge b_3 \wedge \overline{b_4} = \overline{b_1 \vee b_2 \vee \overline{b_3} \vee b_4}$$

$$b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4} = b_1 \wedge b_2 \wedge (\overline{b_3 \vee b_4})$$

Ta có kết quả sau khi biến đổi :

$$(\overline{b_1 \vee b_2 \vee \overline{b_3} \vee b_4}) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge [\overline{b_3 \vee b_4}]) = H$$

Sơ đồ mạch logic sau khi biến đổi (hình 6.17), gồm 5 phần tử logic :

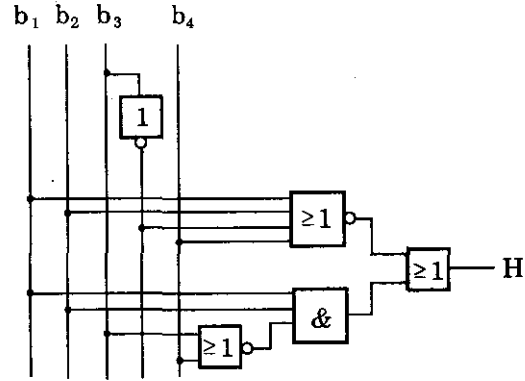
- 1 NOT
- 1 NOR với 4 cổng vào
- 1 OR với 2 cổng vào
- 1 NOR với 2 cổng vào
- 1 AND với 3 cổng vào

5 phần tử

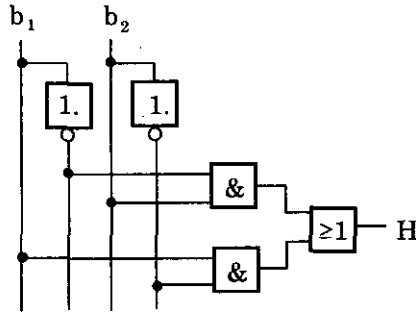
Ví dụ 2 : hãy đơn giản mạch điều khiển có phương trình logic sau :

$$(b_1 \wedge \overline{b_2}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2) = H$$

Theo phương trình trên, cần 5 phần tử logic. Sơ đồ mạch logic và bảng chân lí biểu diễn ở hình 6.18.



Hình 6.17 Sơ đồ mạch logic với 5 phần tử



Bảng chân lí

b_1	b_2	H
0	0	0
0	L	L
L	0	L
L	L	0

Hình 6.18 Sơ đồ mạch logic với 5 phần tử

Theo quy tắc phân bố, ta biến đổi được như sau :

$$(b_1 \wedge \overline{b_2}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2) = (b_1 \vee \overline{b_1}) \wedge (b_1 \vee b_2) \wedge (\overline{b_2} \vee \overline{b_1}) \wedge (\overline{b_2} \vee b_2) = H \quad (1)$$

Theo quy tắc đơn giản liên kết, ta có :

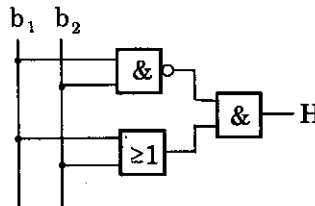
$$(b_1 \vee \overline{b_1}) = 1 \text{ và } (\overline{b_2} \vee b_2) = 1$$

Như vậy phương trình (1), viết như sau :

$$(b_1 \vee b_2) \wedge (\overline{b_2} \vee \overline{b_1}) = H$$

Theo quy tắc Morgan :

$$(\overline{b_2} \vee \overline{b_1}) = \overline{b_2 \wedge b_1}$$



b_1	b_2	H
0	0	0
0	L	L
L	0	L
L	L	0

Hình 6.19 Sơ đồ mạch logic với 3 phần tử

Phương trình logic đơn giản :

$$(b_1 \vee b_2) \wedge (\overline{b_2} \wedge \overline{b_1}) = H$$

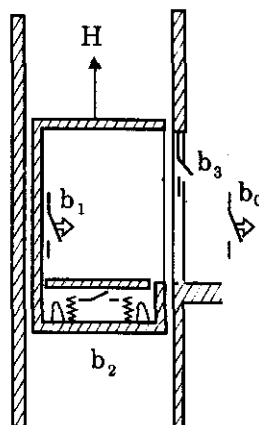
Sơ đồ mạch logic đơn giản với 3 phần tử trình bày ở hình 6.19.

Ví dụ 3 : thiết lập phương trình logic điều khiển một thang máy. Nguyên tắc hoạt động của thang máy (hình 6.20) : thang máy sẽ chuyển động, khi có tác động vào nút ấn b_0 ở bên ngoài hoặc bên trong thang máy b_1 . Mạch điều khiển đóng, khi cửa thang máy b_3 đóng. Nếu thang máy có tín hiệu b_2 (có người vào), thì tác động vào nút ấn bên ngoài không có hiệu lực.

Ví dụ này giả thiết rằng, chúng ta chỉ để ý đến là với những điều kiện nào thì động cơ thang máy hoạt động. Hướng chuyển động, đích đến (chọn tầng) ở bài toán này không đề cập đến.

Hình 6.20 Sơ đồ điều khiển thang máy

- b_0 Nút ấn bên ngoài thang máy
- b_1 Nút ấn trong thang máy
- b_2 Tiếp điểm nằm dưới nền thang máy
- b_3 Tiếp điểm khi cửa thang máy đóng
- H Động cơ điện hoạt động



Có 4 tín hiệu vào, như vậy ta có $2^4 = 16$ khả năng mạch kết hợp có thể xảy ra (bảng chân lí ở hình 6.21) được kí hiệu từ 0 đến 15. Theo yêu cầu đề ra, ta có 3 khả năng $z = 9, 14, 15$ thỏa mãn để mạch động cơ điện đóng. Dòng kết hợp $z = 10, 11$ không có ý nghĩa, bởi vì khi tác động lên nút ấn b_1 bên trong thang máy, mà tiếp điểm b_2 không đóng (không có người trong thang máy). Kí hiệu x có nghĩa là giá trị H được phép chọn bất kì. Trước hết ta chọn ở dòng $z = 10, 11$ giá trị $H = 0$. Dạng phép tuyển toàn phần được viết như sau :

$$(b_0 \wedge \overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge b_3) \vee (\overline{b_0} \wedge b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee (b_0 \wedge b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) = H$$

Sử dụng quy tắc phân bố và quy tắc đơn giản mạch : $\overline{b} \vee b = 1$

ta có :

$$[(b_0 \wedge \overline{b_1} \wedge \overline{b_2}) \vee (\overline{b_0} \wedge b_1 \wedge b_2) \vee (b_0 \wedge b_1 \wedge b_2)] \wedge b_3 = H$$

Sử dụng quy tắc : $(b \wedge \overline{b_1}) \vee b_1 = b \vee b_1$, ta viết được :

$$[(b_0 \wedge \overline{b_1} \wedge \overline{b_2}) \vee [(b_1 \wedge b_2) \wedge (\overline{b_0} \vee b_0)]] \wedge b_3 = H$$

Kết quả cuối cùng sau khi đơn giản :

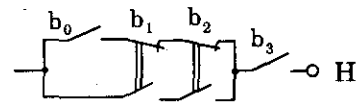
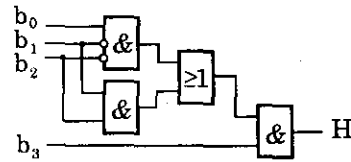
$$[(b_0 \wedge \overline{b_1} \wedge \overline{b_2}) \vee (b_1 \wedge b_2)] \wedge b_3 = H$$

Mạch logic và sơ đồ mạch công tắc, được biểu diễn ở hình 6.22.

b_3	b_2	b_1	b_0	H	z
0	0	0	0	0	0
0	0	0	L	0	1
0	0	L	0	0	2
0	0	L	L	0	3
0	L	0	0	0	4
0	L	0	L	0	5
0	L	L	0	0	6
0	L	L	L	0	7
L	0	0	0	0	8
L	0	0	L	L	9
L	0	L	0	x	10
L	0	L	L	x	11
L	L	0	0	0	12
L	L	0	L	0	13
L	L	L	0	L	14
L	L	L	L	L	15

Bây giờ ta chọn dòng $z = 10, 11$ giá trị $H = 1$, dạng phép tuyển toàn phần được viết như sau :

$$(b_0 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) \vee (\bar{b}_0 \wedge b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) \\ \vee (b_0 \wedge b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) \vee (\bar{b}_0 \wedge b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \\ \vee (b_0 \wedge b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) = H$$



Hình 6.22 Mạch logic và sơ đồ mạch công tắc

Hình 6.21 Bảng chân lí

Sử dụng quy tắc đơn giản mạch, với $\bar{b} \vee b = 1$, ta có :

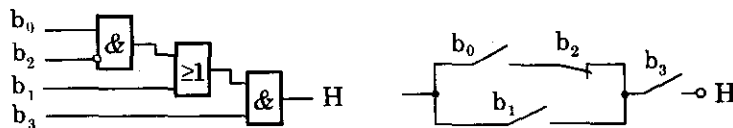
$$(b_0 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) = H$$

$$(b_0 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge b_3) = [(b_0 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2) \vee b_1] \wedge b_3 = H$$

Với quy tắc đơn giản : $(b \wedge \bar{b}_1) \vee b_1 = b \vee b_1$, ta có dạng đơn giản của mạch logic:

$$[(b_0 \wedge \bar{b}_2) \vee b_1] \wedge b_3 = H$$

Hình 6.23 biểu diễn mạch logic và mạch công tắc, khi chọn dòng $z = 10, 11$ với giá trị của $H = 1$.



Hình 6.23 Sơ đồ mạch logic và mạch công tắc, khi chọn dòng $z = 10, 11$ với giá trị $H = 1$.

2. Biểu đồ Karnaugh

a) Khái niệm cơ bản

Với những quy tắc của đại số Boole, người ta có thể thiết lập và đơn giản mạch logic hay mạch công tắc, như ví dụ phần trước đã minh họa. Tuy nhiên ứng dụng những quy tắc đại số Boole khá phức tạp. Vào những năm 1953 nhà toán học *Karnaugh* (người Anh) đã phát triển một phương pháp giải bằng biểu diễn đồ thị, gọi là *biểu đồ Karnaugh*. Nhờ biểu đồ Karnaugh mà người ta có thể sử dụng ít quy tắc, để đơn giản những phương trình logic phức tạp với nhiều biến.

	$\overline{b_2}$	b_2
$\overline{b_1}$	00 1 $\overline{b_1 b_2}$	0L 2 $\overline{b_1 b_2}$
b_1	L0 3 $b_1 \overline{b_2}$	LL 4 $b_1 b_2$

Bảng chân lí

b_1	b_2	h
0	0	0
0	L	L
L	0	0
L	L	L

Hình 6.24 Biểu đồ Karnaugh với 2 biến.

Trong biểu đồ Karnaugh là 2 dạng phép hội toàn phần có tính chất Hai dạng phép hội toàn phần kế cận nhau có tính chất là một trong 2 biến có giá trị thay đổi, thì biến thứ 2 không thay đổi. Ví dụ trên, biến có giá trị thay đổi là b_1 . Như vậy phương trình trên ta biến đổi như sau :

$$\begin{aligned} b_2 \wedge (b_1 \vee \overline{b_1}) &= L \\ b_1 \vee \overline{b_1} &= L \\ b_2 \wedge L &= L \quad \Rightarrow \quad b_2 = L \end{aligned}$$

Như vậy để thỏa mãn phương trình logic trên, chỉ cần tín hiệu b_2 .

Trong biểu đồ Karnaugh có 2 dạng phép hội toàn phần nằm kế cận nhau, thì lúc nào cũng có thể đơn giản được. Nằm kế cận nhau có nghĩa là trong cùng một dòng hoặc trong cùng một cột.

c) Biểu đồ Karnaugh với 3 biến

Với 3 biến ta có $2^3 = 8$ dạng phép hội toàn phần nằm trong 8 vùng (kí hiệu vùng 1 đến 8), xem biểu đồ trên hình 6.25.

Dòng thứ 1 : $\overline{b_1}, \overline{b_2}, b_3$ và $\overline{b_3}$

Dòng thứ 2 : $\overline{b_1}, b_2, b_3$ và $\overline{b_3}$

Dòng thứ 3 : b_1, b_2, b_3 và $\overline{b_3}$

Dòng thứ 4 : $b_1, \overline{b_2}, b_3$ và $\overline{b_3}$

Cột thứ 1 : b_1 và $\overline{b_1}, b_2$ và $\overline{b_2}, b_3$

Cột thứ 2 : b_1 và $\overline{b_1}, b_2$ và $\overline{b_2}, b_3$

Ví dụ : phương trình logic sau :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3}) \vee (\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3}) \vee (b_1 \wedge \overline{b_2} \wedge b_3) = L$$

Biểu đồ Karnaugh bao gồm nhiều khối và biểu diễn tất cả khả năng dạng phép hội toàn phần. Dạng phép hội toàn phần là phép toán liên kết AND, bao gồm tất cả các biến và phủ định của biến.

b) Biểu đồ Karnaugh với 2 biến

Các khối của dòng thứ nhất (1 và 2) gồm phủ định của biến b_1 . Khối của dòng thứ 2 (3 và 4) biến b_1 . Tương tự khối của cột thứ nhất (1 và 3) bao gồm phủ định của biến b_2 . Khối của cột thứ 2 (2 và 4) bao gồm biến b_2 (hình 6.24).

Ví dụ : phương trình logic :

$$(b_1 \wedge b_2) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2) = L$$

Điều kiện để phương trình trên có tín hiệu L ở cổng ra h là khối 2 và 4. Với 2 biến ta có 2^2 dạng phép hội toàn phần. Khối 2 và 4 được gạch chéo.

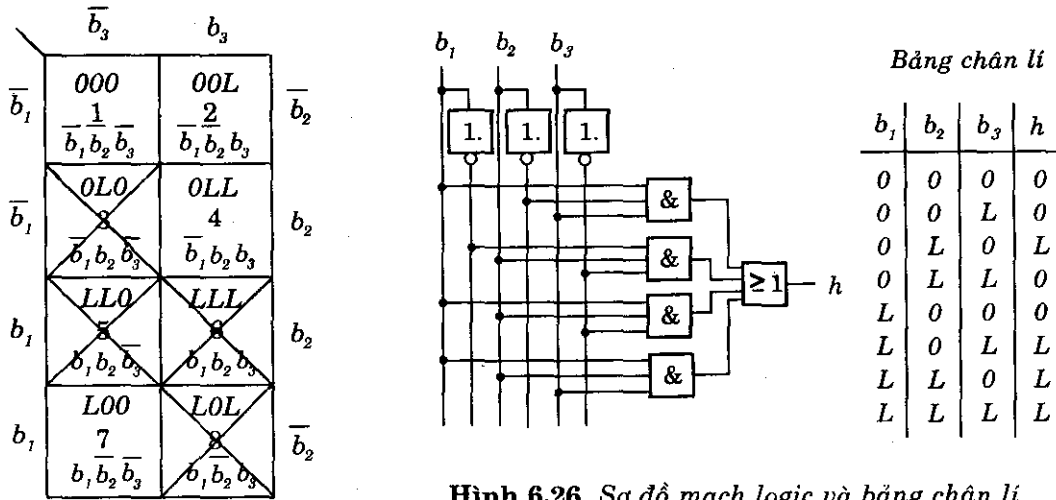
Trong biểu đồ Karnaugh là 2 dạng phép hội toàn phần có tính chất Hai dạng phép hội toàn phần kế cận nhau có tính chất

Theo biểu đồ Karnaugh, ta có 4 khối được gạch chéo tương ứng với phương trình logic trên.

Nếu tương ứng với phương trình logic trên, cần phải có :

- 1 phần tử OR với 4 cổng vào
- 4 phần tử AND với 3 cổng vào
- 3 phần tử NOT

Sơ đồ mạch logic và bảng chân lí như ở hình 6.26.



Hình 6.26 Sơ đồ mạch logic và bảng chân lí

Hình 6.25 Biểu đồ Karnaugh với 3 biến

Bây giờ ta sử dụng biểu đồ Karnaugh để đơn giản sơ đồ mạch logic trên. Trong biểu đồ có 2 miền lân cận, đó là :

- Miền thứ nhất gồm : khối 3 và 5
- Miền thứ 2 gồm : khối 6 và 8

- Miền thứ nhất : khối 3 và 5 :

$$(\bar{b}_1 \wedge b_2 \wedge \bar{b}_3) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \bar{b}_3) = L$$

Có $b_2 \wedge \bar{b}_3$ giá trị không thay đổi và viết được :

$$(b_2 \wedge \bar{b}_3) \wedge (\bar{b}_1 \vee b_1) = L$$

$$\bar{b}_1 \vee b_1 = L$$

Như vậy : $b_2 \wedge \bar{b}_3 = L$

- Miền thứ 2 : khối 6 và 8 :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3) = L$$

Giá trị $(b_1 \wedge b_3)$ không đổi và

$$b_2 \vee \overline{b_2} = L$$

Như vậy : $b_1 \wedge b_3 = L$

Phương trình logic đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh: $(b_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge b_3) = L$

Sơ đồ logic biểu diễn trên hình 6.27.

d) Biểu đồ Karnaugh với 4 biến

Với 4 biến ta có $2^4 = 16$ dạng phép hội toàn phần nằm trong 16 khối (kí hiệu khối 1 đến 16) trình bày trên biểu đồ hình 6.28. Thiết lập biểu đồ Karnaugh với 4 biến cũng tương tự như biểu đồ với 3 biến. Tuy nhiên số khối tăng gấp đôi.

Ví dụ dưới đây sẽ minh họa cách đơn giản phương trình logic bằng biểu đồ Karnaugh với 4 biến.

	$\overline{b_3}$	$\overline{b_3}$	b_3	b_3	
$\overline{b_1}$	0000 1	000L 2	00LL 3	00LO 4	$\overline{b_2}$
$\overline{b_1}$	5 0L00	6 0L0L	7 0L1L	8 0LLO	b_2
b_1	9 LL00	10 LL0L	11 LL1L	12 LLLO	b_2
b_1	13 L000	14 L00L	15 L01L	16 L0LO	$\overline{b_2}$
	$\overline{b_4}$	b_4	b_4	$\overline{b_4}$	

Hình 6.28 Biểu đồ Karnaugh với 4 biến.

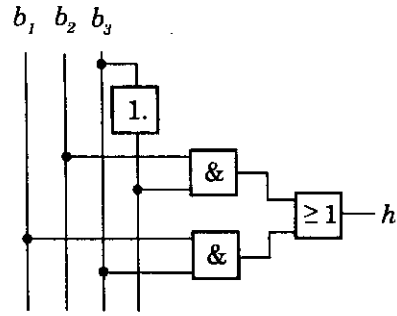
– 7 phân tử AND với 4 cổng vào

– 4 phân tử NOT

– 1 phân tử OR với 7 cổng vào

12 phân tử

Bây giờ sẽ đơn giản sơ đồ mạch logic trên bằng biểu đồ Karnaugh. Trước hết theo phương trình logic, ta đánh chéo các khối tương ứng. Như vậy theo biểu đồ, có 7 khối được đánh gạch chéo. Ta chia ra thành các miền. Nguyên tắc chia miền tương tự như phần trình bày trước.



b_1	b_2	b_3	h
0	0	0	0
0	0	L	0
0	L	0	L
0	L	L	0
L	0	0	0
L	0	L	L
L	L	0	L
L	L	L	L

$b_2 \wedge \overline{b_3}$
 $b_1 \wedge b_3$

Hình 6.27 Sơ đồ mạch logic.

Ví dụ : đơn giản phương trình logic sau bằng biểu đồ Karnaugh :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \wedge (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge \overline{b_2} \wedge b_3 \wedge b_4) = L$$

Theo phương trình logic trên, ta thiết kế được sơ đồ mạch logic (hình 6.29) bao gồm :

– Miền thứ nhất gồm : khối 5, 6, 7 và 8

– Miền thứ 2 : khối 6, 7, 10 và 11.

– Miền thứ 3 : khối 11 và 15

• Miền thứ nhất : khối 5, 6, 7 và 8

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4)$$

Bây giờ chia miền thứ nhất thành 2 miền nhỏ :

+ Gồm khối 5, 6, ta có :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4)$$

Biến đổi thành như sau :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3}) \wedge (b_4 \vee \overline{b_4})$$

$$\text{Trong đó : } (b_4 \vee \overline{b_4}) = L$$

Như vậy sau khi đơn giản, miền nhỏ thứ nhất có giá trị :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3})$$

+ Gồm khối 7, 8, ta có :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4)$$

Biến đổi thành như sau :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3) \wedge (b_4 \vee \overline{b_4})$$

$$\text{Trong đó : } (b_4 \vee \overline{b_4}) = L$$

Như vậy sau khi đơn giản, miền nhỏ thứ 2 có giá trị :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3)$$

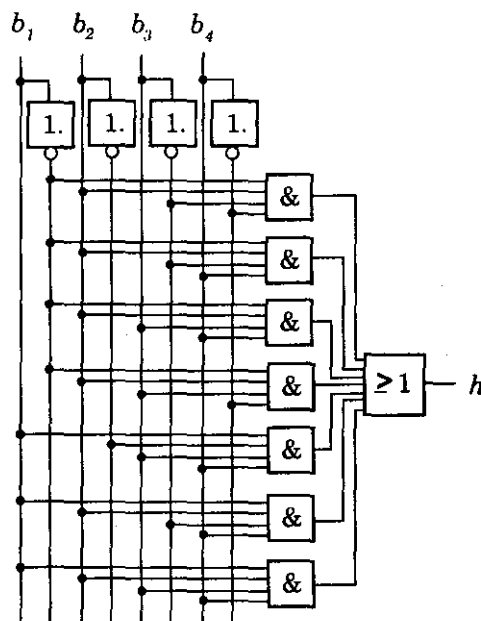
Như vậy miền thứ nhất được viết như sau :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3)$$

Theo quy tắc phân bố, ta viết lại như sau :

$(\overline{b_1} \wedge b_2) \wedge (\overline{b_3} \vee b_3)$, vì $(\overline{b_3} \vee b_3) = L$, nên miền thứ nhất được viết đơn giản thành:

$$(\overline{b_1} \wedge b_2)$$



Hình 6.29 Sơ đồ mạch logic .

- Miền thứ 2 : khối 6, 7, 10 và 11

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4)$$

Bây giờ chia miền thứ 2 thành 2 miền nhỏ :

+ Gồm khối 6 và 7, ta có :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4)$$

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_4) \wedge (\overline{b_3} \vee b_3)$$

Trong đó $(\overline{b_3} \vee b_3) = L$, như vậy miền nhỏ thứ nhất có giá trị :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_4)$$

+ Gồm khối 10 và 11, ta có :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4)$$

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_4) \wedge (\overline{b_3} \vee b_3)$$

Trong đó $(\overline{b_3} \vee b_3) = L$, như vậy miền nhỏ thứ nhất có giá trị :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_4)$$

Như vậy miền thứ 2 được viết như sau :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_4) \\ (b_2 \wedge b_4) \wedge (\overline{b_1} \vee b_1) \Rightarrow \boxed{(b_2 \wedge b_4)}$$

- Miền thứ 3 : gồm khối 11 và 15, ta có :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge \overline{b_2} \wedge b_3 \wedge b_4)$$

$$(b_1 \wedge b_3 \wedge b_4) \wedge (\overline{b_2} \vee b_2), \text{ vì } (\overline{b_2} \vee b_2) = L$$

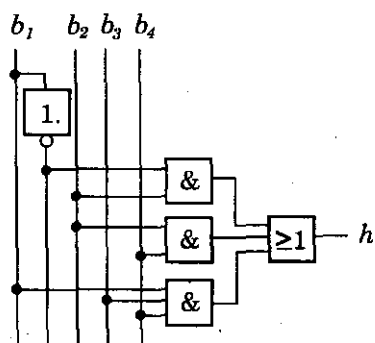
Như vậy miền thứ 3 sau khi đơn giản viết được như sau :

$$\boxed{(b_1 \wedge b_3 \wedge b_4)}$$

Phương trình logic sau khi đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh, được viết như sau :

$$\begin{array}{ccc} (\overline{b_1} \wedge b_2) \vee (b_2 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_3 \wedge b_4) = L \\ \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\ \text{Miền 1} \quad \text{Miền 2} \quad \text{Miền 3} \end{array}$$

Sơ đồ mạch logic sau khi đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh được biểu diễn ở hình 6.30. Như vậy số phần tử trong mạch giảm xuống còn 5 phần tử :



Hình 6.30 Sơ đồ mạch logic được đơn giản.

$$b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge \overline{b_2} \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) = L$$

Sơ đồ mạch logic của phương trình trên được biểu diễn ở hình 6.31, gồm có :

- 4 phân tử NOT
- 8 phân tử AND với 4 cổng vào
- 1 phân tử OR với 8 cổng vào và khoảng 100 tiếp điểm

13 phân tử

Biểu đồ Karnaugh của phương trình trên được trình bày ở hình 6.32. Bởi vì khi biểu đồ Karnaugh được cuộn lại thành dạng hình trụ thẳng đứng, thì khối 13 và khối 16 sẽ là những khối nằm lân cận.

Theo biểu đồ ta có 4 miền lân cận :

- Miền thứ nhất : khối 1 và 2
- Miền thứ 2 : khối 6 và 7
- Miền thứ 3 : khối 11 và 12
- Miền thứ 4 : khối 13 và 16

- Miền thứ nhất : khối 1 và 2, ta có :

$$(\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \\ = (\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3}) \wedge (\overline{b_4} \vee b_4)$$

Sau khi đơn giản ta có : $(\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3})$

- Miền thứ 2 : khối 6 và 7, ta có :

$$(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) = (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_4}) \wedge (\overline{b_3} \vee b_3)$$

Sau khi đơn giản ta có : $(\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_4})$

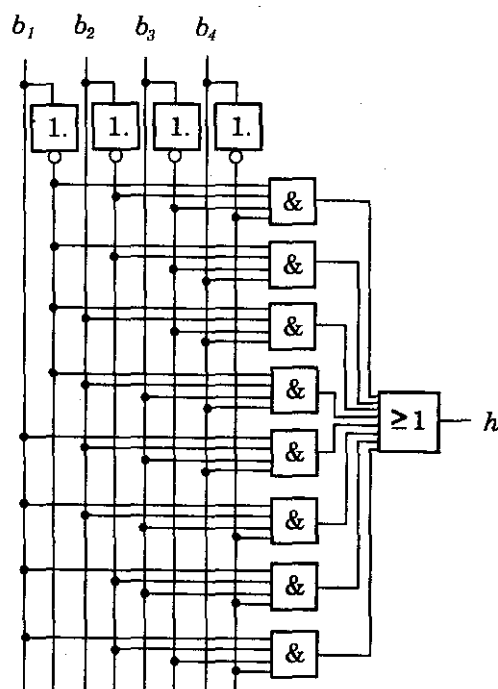
- 1 phân tử NOT
- 3 phân tử AND với 2, 3 cổng vào
- 1 phân tử OR với 3 cổng vào

5 phân tử

đ) Ví dụ ứng dụng biểu đồ Karnaugh

Ví dụ 1 : đơn giản phương trình logic sau bằng biểu đồ Karnaugh :

$$(\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \\ \vee (\overline{b_1} \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) = L$$



Hình 6.31 Sơ đồ mạch logic .

• Miền thứ 3 : khối 11 và 12, ta có :

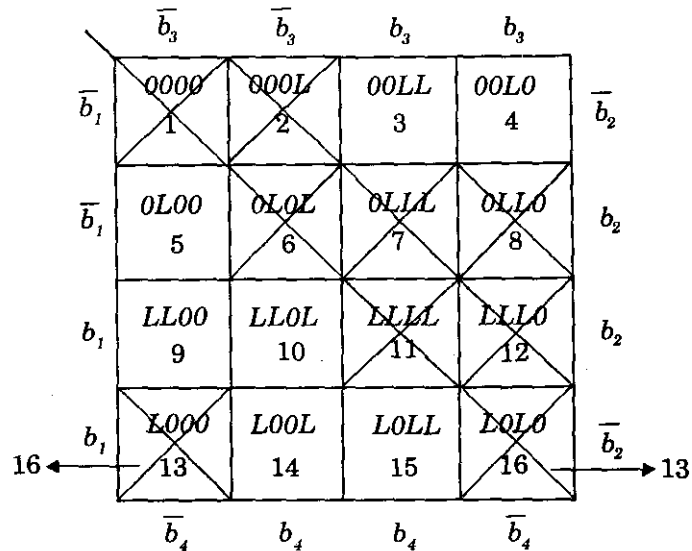
$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \bar{b}_4) = (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \wedge (b_4 \vee \bar{b}_4)$$

Sau khi đơn giản, ta có :
 $(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3)$

• Miền thứ 4 : khối 13 và 16, ta có :

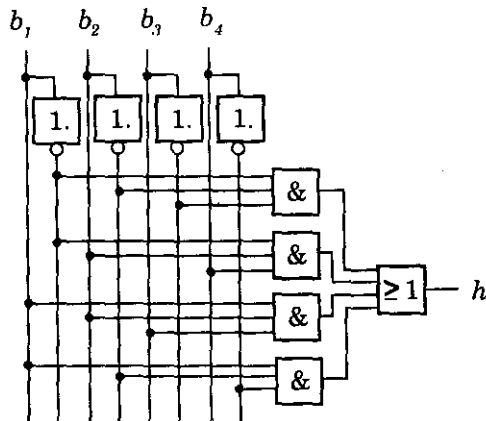
$$(b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge b_3 \wedge \bar{b}_4) \vee (b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_3 \wedge \bar{b}_4) = (b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_4) \wedge (b_3 \vee \bar{b}_3)$$

Sau khi đơn giản, ta có :
 $(b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_4)$



Hình 6.32 Biểu đồ Karnaugh

Như vậy phương trình logic sau khi đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh là :



Hình 6.33 Sơ đồ mạch logic sau khi đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh

$$(\bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_3) \vee (\bar{b}_1 \wedge b_2 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_4) = L$$

Sơ đồ mạch logic sau khi đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh được trình bày ở hình 6.33, gồm có các phần tử sau :

- 4 phần tử NOT
- 4 phần tử AND với 3 cổng vào
- 1 phần tử OR với 4 cổng vào và khoảng 45 tiếp điểm.

9 phần tử

Khả năng đơn giản tiếp tục bằng quy tắc Morgan :

$$(\bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_3) \vee (\bar{b}_1 \wedge b_2 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee (b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_4) = L$$

$$\text{Ta có : } (\bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_3) = \overline{(b_1 \vee b_2 \vee b_3)}$$

$$(b_1 \wedge \bar{b}_2 \wedge \bar{b}_4) = b_1 \wedge \overline{(b_2 \vee b_4)}$$

Kết quả cuối cùng sau khi đơn giản :

$$\overline{(b_1 \vee b_2 \vee b_3)} \vee (\bar{b}_1 \wedge b_2 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee [b_1 \wedge \overline{(b_2 \vee b_4)}] = L$$

Sơ đồ mạch logic ở hình 6.34, số phần tử còn :

1 phần tử NOT, 3 phần tử AND, 2 phần tử NOR, 1 phần tử OR với 4 cổng vào và 37 tiếp điểm.

Ví dụ 2 : trong một dây chuyền vận chuyển tự động, có các modul vận chuyển, những modul vận chuyển này (ví dụ : để vận chuyển khối xilanh được gia công) có thể sẽ hoạt động với những điều kiện sau:

- Khi nguyên công khoan và nguyên công tarô được thực hiện, khi trạm kiểm tra đã kiểm tra nguyên công trước đó và khi bơm làm nguội hoạt động.

- Khi các modul vận chuyển chạy không.

Hình 6.34 Sơ đồ mạch sau khi đơn giản

- Khi nguyên công khoan và nguyên công tarô được thực hiện
- Khi nguyên công khoan và nguyên công tarô được thực hiện và nguyên công trước đó được kiểm tra.

Hãy thiết lập mạch logic của dây chuyền đó.

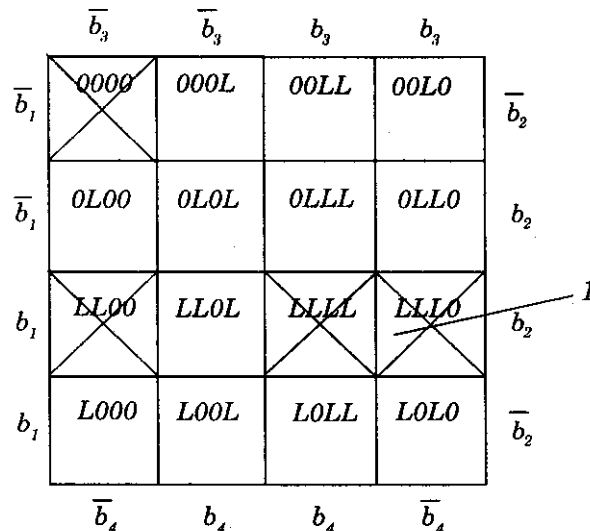
Phương trình logic gồm có các biến sau :

- b_1 Nguyên công khoan
- b_2 Nguyên công tarô
- b_3 Trạm kiểm tra
- b_4 Bơm làm nguội

Phương trình logic viết được như sau :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) = H$$

Biểu đồ Karnaugh biểu diễn ở hình 6.35 với 4 biến.



Hình 6.35 Biểu đồ Karnaugh với 4 biến :

- b_1 Nguyên công khoan
- b_2 Nguyên công tarô
- b_3 Trạm kiểm tra
- b_4 Bơm làm nguội

Như vậy theo *biểu đồ Karnaugh* với miền lân cận có kí hiệu 1, ta viết được :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge b_4) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3 \wedge \overline{b_4}) \\ = (b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \wedge (b_4 \vee \overline{b_4})$$

Sau khi đơn giản ta có : $(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3)$

Phương trình logic viết lại được như sau :

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee (\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) = H$$

Đơn giản phương trình bằng quy tắc Morgan :

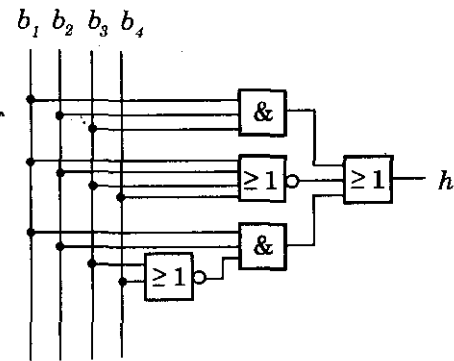
$$(\overline{b_1} \wedge \overline{b_2} \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) = \overline{(b_1 \vee b_2 \vee b_3 \vee b_4)}$$

$$(b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{b_3} \wedge \overline{b_4}) = (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{(b_3 \vee b_4)})$$

Dạng đơn giản cuối cùng :

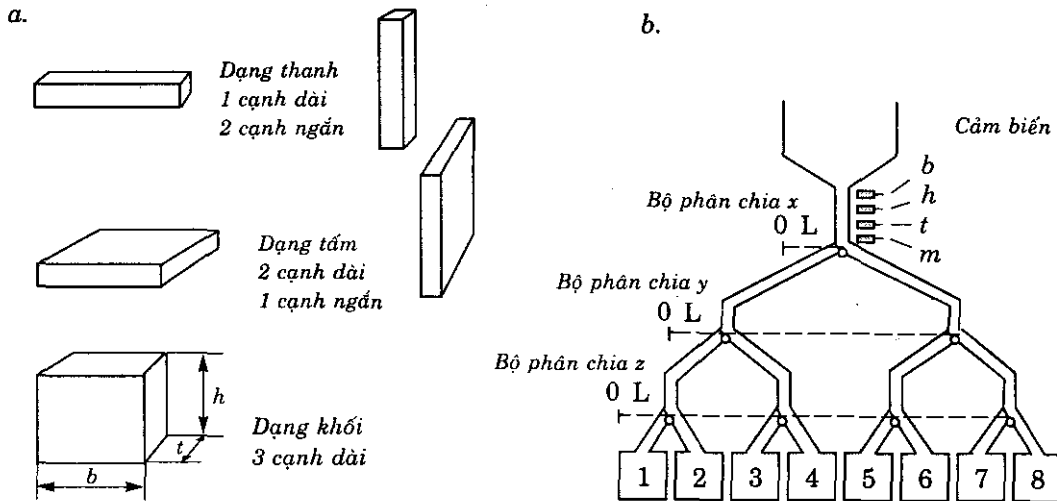
$$(b_1 \wedge b_2 \wedge b_3) \vee \overline{(b_1 \vee b_2 \vee b_3 \vee b_4)} \vee (b_1 \wedge b_2 \wedge \overline{(b_3 \vee b_4)}) = H$$

Theo phương trình dạng đơn giản cuối cùng trên, ta thiết lập được sơ đồ mạch logic cho điều khiển *modul vận chuyển* trong dây chuyền vận chuyển tự động (hình 6.36)



Hình 6.36 Sơ đồ mạch logic cho điều khiển các loại modul vận chuyển.

Ví dụ 3 : dây chuyền phân loại tự động các chi tiết có dạng ở hình 6.37a. Các kích thước : *chiều dài b*, *chiều rộng t* và *chiều cao h* được các cảm biến tương ứng theo dõi. Cảm biến m sẽ theo dõi chi tiết có từ tính hoặc không có từ tính.



Hình 6.37 Dây chuyền phân loại tự động
a. Chi tiết phân loại
b. Nguyên tắc phân loại

Các tín hiệu có ý nghĩa như sau :

Chiều rộng $t = L$ cạnh dài $t = 0$ cạnh không dài
 Chiều dài $b = L$ cạnh dài $b = 0$ cạnh không dài
 Chiều cao $h = L$ cạnh dài $h = 0$ cạnh không dài
 $m = L$ có từ tính $m = 0$ không có từ tính

Sau khi các cảm biến tương ứng theo dõi, chi tiết phân loại sẽ qua bộ phân chia x, sau đó qua bộ phân chia y và cuối cùng qua bộ phân chia z để vào các thùng chứa, được kí hiệu từ 1 đến 8 (hình 6.37b). Mỗi một bộ phận chia có 2 vị trí : O và L. Vị trí ban đầu, các bộ phận chia ở vị trí O.

Chi tiết được phân loại như sau :

- Các chi tiết **dạng thanh** (1 cạnh dài, 2 cạnh ngắn) và có từ tính được chuyển đến thùng chứa 1.
- Tất cả chi tiết **dạng tấm** (2 cạnh dài, 1 cạnh ngắn) và đồng thời có từ tính sẽ được chuyển đến thùng chứa 6.
- Tất cả chi tiết **dạng tấm** (2 cạnh dài, 1 cạnh ngắn) và đồng thời không có từ tính sẽ được chuyển đến thùng chứa 7.
- Những chi tiết có tính chất còn lại sẽ được chuyển đến thùng chứa 4.
- Các thùng chứa 2, 3, 5 và 8 sẽ để trống.

Chúng ta lập bảng chức năng (hình 6.38) tương ứng với yêu cầu đề ra. Tín hiệu của bộ phân chia và số các thùng chứa được điền vào tương ứng.

m	h	b	t	Thùng chứa	x	y	z
0	0	0	0	4	L	0	0
0	0	0	L	1	L	L	L
0	0	L	0	1	L	L	L
0	0	L	L	7	0	0	L
0	L	0	0	1	L	L	L
0	L	0	L	7	0	0	L
0	L	L	0	7	0	0	L
0	L	L	L	4	L	0	0
L	0	0	0	4	L	0	0
L	0	0	L	1	L	L	L
L	0	L	0	1	L	L	L
L	0	L	L	6	0	L	0
L	L	0	0	1	L	L	L
L	L	0	L	6	0	L	0
L	L	L	0	6	0	L	0
L	L	L	L	4	L	0	0

Hình 6.38 Bảng trình tự chuyển mạch theo chức năng yêu cầu

Phương trình logic cho tín hiệu $\bar{x}$:

$$(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) = \bar{x}$$

Phương trình logic cho tín hiệu $\bar{y}$:

$$(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee$$

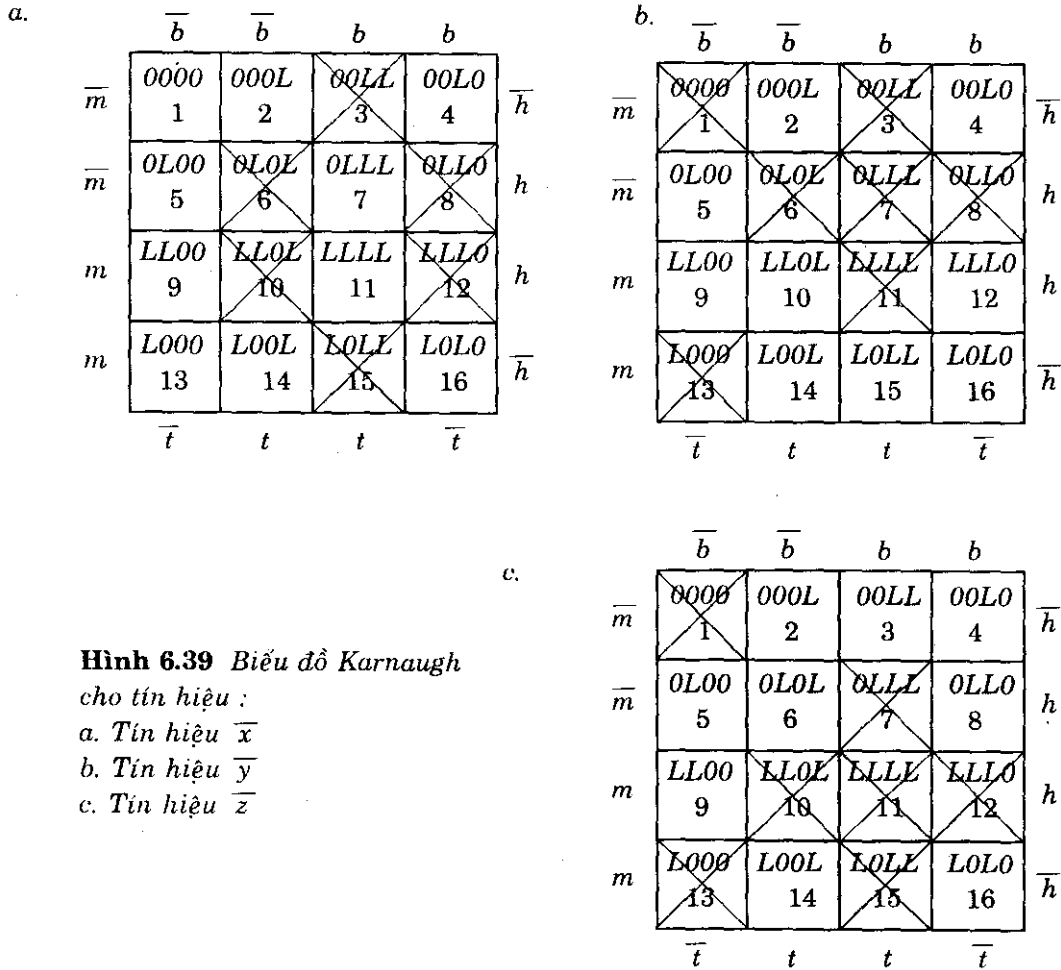
$$(\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t) = \bar{y}$$

Phương trình logic cho tín hiệu $\bar{z}$:

$$(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee$$

$$(m \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t) = \bar{z}$$

Lập biểu đồ Karnaugh cho tín hiệu $\bar{x}$, $\bar{y}$ và $\bar{z}$ như trên hình 6.38



Hình 6.39 Biểu đồ Karnaugh cho tín hiệu :
a. Tín hiệu $\bar{x}$
b. Tín hiệu $\bar{y}$
c. Tín hiệu $\bar{z}$

Đơn giản phương trình logic $\bar{x}$:

$$(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee$$

$$(m \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) = \bar{x}$$

Theo biểu đồ Karnaugh trình bày ở hình 6.39a, ta có :

- $(h \wedge \bar{b} \wedge t) \wedge (\bar{m} \vee m)$ Miền lân cận 1 (khối 6 và 10)
 - $(h \wedge b \wedge \bar{t}) \wedge (\bar{m} \vee m)$ Miền lân cận 2 (khối 8 và 12)
 - $(\bar{h} \wedge b \wedge t) \wedge (\bar{m} \vee m)$ Miền lân cận 3 (khối 1 và 13, vì đối xứng)
- bởi vì $(\bar{m} \vee m) = L$. Như vậy phương trình logic đơn giản $\bar{x}$:

$$(h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee (\bar{h} \wedge b \wedge t) = \bar{x}$$

Theo quy tắc Morgan, ta có : $(\bar{h} \vee \bar{b} \vee \bar{t}) \wedge (\bar{h} \vee \bar{b} \vee t) \wedge (h \vee \bar{b} \vee \bar{t}) = x$

Đơn giản phương trình logic $\bar{y}$:

$$(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee$$

$$(\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t) = \bar{y}$$

Theo biểu đồ Karnaugh trình bày ở hình 6.39b, ta có :

- $(\bar{m} \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t)$ Miền lân cận 1 (khối 6, 7)
 $(\bar{m} \wedge h \wedge t) \wedge (\bar{b} \vee b)$
- $(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t)$ Miền lân cận 2 (khối 3, 7)
 $(\bar{m} \wedge b \wedge t) \wedge (\bar{h} \vee h)$
- $(\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge \bar{t})$ Miền lân cận 3 (khối 7, 8)
 $(\bar{m} \wedge h \wedge b) \wedge (t \vee \bar{t})$
- $(\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t)$ Miền lân cận 4 (khối 7, 11)
 $(h \wedge b \wedge t) \wedge (\bar{m} \vee m)$
- $(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t})$ Miền lân cận 4 (khối 1, 13, vì đối xứng)
 $(\bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \wedge (\bar{m} \vee m)$

Bởi vì : $(\bar{b} \vee b) = L$, $(\bar{h} \vee h) = L$, $(t \vee \bar{t}) = L$ và $(\bar{m} \vee m) = L$. Cho nên :

phương trình logic đơn giản của $\bar{y}$:

$$(\bar{m} \wedge h \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge b \wedge t) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b) \vee (h \wedge b \wedge t) \vee (\bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) = \bar{y}$$

Theo quy tắc Morgan, ta có :

$$(m \vee \bar{h} \vee \bar{t}) \wedge (m \vee \bar{b} \vee \bar{t}) \wedge (m \vee \bar{h} \vee \bar{b}) \wedge (\bar{h} \vee \bar{b} \vee \bar{t}) \wedge (h \vee b \vee t) = y$$

Đơn giản phương trình logic $\bar{z}$:

$$(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t) \vee$$

$$(m \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t) = \bar{z}$$

Theo biểu đồ Karnaugh trình bày ở hình 6.39c, ta có :

- $(\bar{m} \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t)$ Miền lân cận 1 (khối 7, 11)
 $(h \wedge b \wedge t) \wedge (\bar{m} \vee m)$
- $(m \wedge h \wedge \bar{b} \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge t)$ Miền lân cận 2 (khối 10, 11)
 $(m \wedge h \wedge t) \wedge (\bar{b} \vee b)$

- $(m \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b \wedge \bar{t})$ Miền lân cận 3 (khối 11, 12)
 $(m \wedge h \wedge b) \wedge (t \wedge \bar{t})$
- $(m \wedge h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge b \wedge t)$ Miền lân cận 4 (khối 11, 15)
 $(m \wedge b \wedge t) \wedge (h \vee \bar{h})$
- $(\bar{m} \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \vee (m \wedge \bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t})$ Miền lân cận 5 (khối 1, 13, vì đối xứng)
 $(\bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) \wedge (\bar{m} \vee m)$

Phương trình logic đơn giản của $\bar{z}$:

$$(h \wedge b \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge t) \vee (m \wedge h \wedge b) \vee (m \wedge b \wedge t) \vee (\bar{h} \wedge \bar{b} \wedge \bar{t}) = \bar{z}$$

Theo quy tắc Morgan ta có phương trình logic của z như sau :

$$(\bar{h} \vee \bar{b} \vee \bar{t}) \wedge (\bar{m} \vee \bar{h} \vee \bar{t}) \wedge (\bar{m} \vee \bar{h} \vee \bar{b}) \wedge (\bar{m} \vee \bar{b} \vee \bar{t}) \wedge (h \vee b \vee t) = z$$

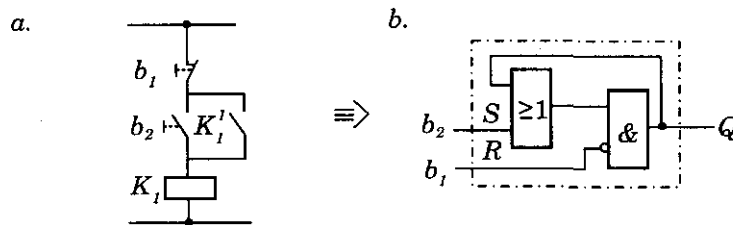
3. Phần tử nhớ

Các phần tử được trình bày phần trước có đặc điểm là tín hiệu ra trong mômen thời gian phụ thuộc vào tín hiệu vào, điều đó có nghĩa là khi tín hiệu vào mất, thì tín hiệu ra cũng mất. Trong thực tế tín hiệu thường là dạng xung (nút ấn...). Khi tín hiệu tác động vào là dạng xung, tín hiệu ra thường là tín hiệu duy trì. Như vậy cần phải có phần tử duy trì tín hiệu, trong kĩ thuật điện, người ta gọi là tự duy trì (hình 6.40a). Khi nút ấn b_2 đóng, dòng điện đi qua role K_1 , tiếp điểm K_1^1 được đóng lại. Như vậy dòng điện trong mạch vẫn duy trì, mặc dù nút ấn b_2 nhả ra lại. Dòng điện duy trì cho đến chừng nào ta nhấn vào nút ấn b_1 . Thời gian tự duy trì dòng điện trong mạch, là khả năng nhớ của mạch điện. Trong kĩ thuật điều khiển gọi là phần tử nhớ **Flipflop**.

Phần tử **Flipflop** có 2 cổng vào, cổng thứ nhất kí hiệu S (SET) và cổng thứ 2 kí hiệu R (RESET), như vậy phần tử **Flipflop** cũng gọi được cách khác là phần tử **RS-Flipflop**.

a) Phần tử RS – Flipflop

– Phần tử RS – Flipflop có RESET trội hơn :



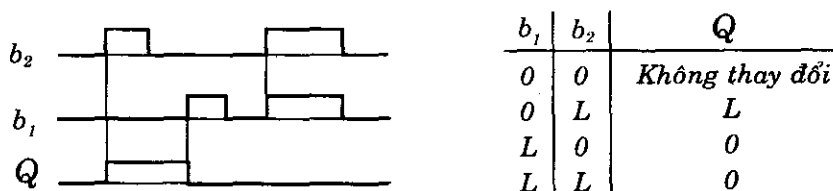
Hình 6.40 Phần tử nhớ

a. Mạch điện tự duy trì

b. Phần tử RS - Flipflop có RESET trội hơn

Nếu cổng SET (b_2) có giá trị L, thì tín hiệu ra Q có giá trị L và được nhớ (mặc dầu ngay sau đó tín hiệu ở cổng SET mất đi) cho đến khi cổng RESET (b_1) có giá trị L, thì phần tử Flipflop sẽ quay trở về vị trí ban đầu. Khi cổng SET và RESET có cùng giá trị L, thì Q có giá trị "0". Phần tử Flipflop – RS được biểu diễn ở hình 6.40b.

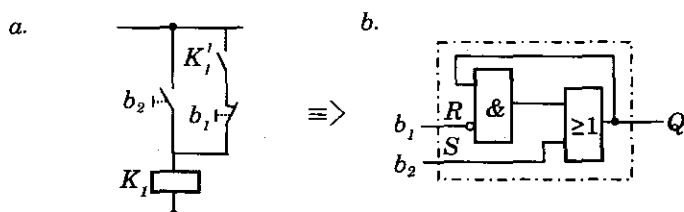
Bảng giá trị của phần tử RS – Flipflop trình bày ở hình 6.41.



Hình 6.41 Bảng giá trị của phần tử RS - Flipflop có RESET trội hơn.

– Phần tử RS – Flipflop có SET trội hơn :

Nếu cổng SET (b_2) có giá trị L, thì tín hiệu ra Q có giá trị L và được nhớ (mặc dầu ngay sau đó tín hiệu ở cổng SET mất đi) cho đến khi cổng RESET (b_1) có giá trị L, thì phần tử Flipflop sẽ quay trở về vị trí ban đầu. Khi cổng SET và RESET có cùng giá trị L, thì Q có giá trị “1”. Phần tử RS – Flipflop được biểu diễn ở hình 6.42.

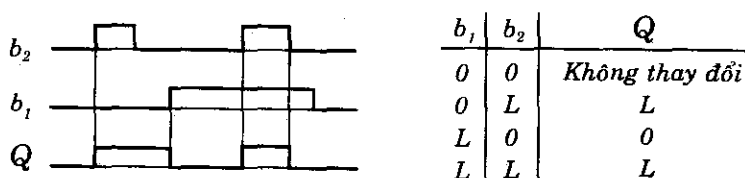


Hình 6.42 Phần tử nhớ

a. Mạch điện tự duy trì

b. Phần tử RS - Flipflop có SET trội hơn

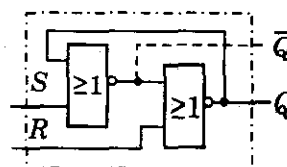
Bảng giá trị của phần tử RS – Flipflop trình bày ở hình 6.43.



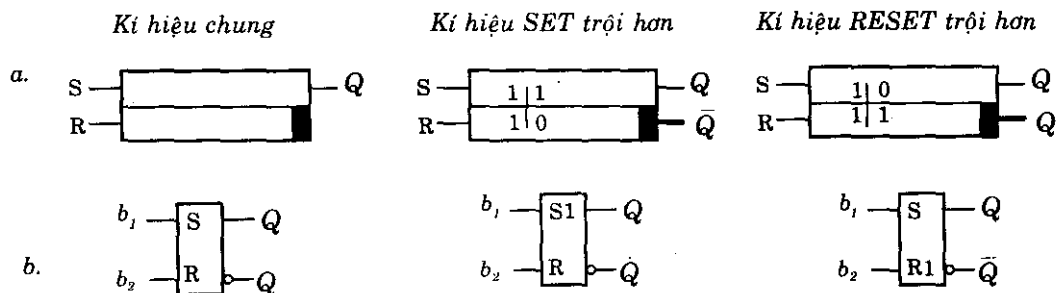
Hình 6.43 Bảng giá trị của phần tử RS - Flipflop có SET trội hơn

Phần tử RS - Flipflop với 2 phần tử NOR có 2 cổng ra Q và $\bar{Q}$, biểu diễn ở hình 6.44.

Hình 6.44 Phần tử RS - Flipflop với 2 cổng ra $\bar{Q}$ và Q



Hình 6.45 là kí hiệu phần tử RS – Flipflop – theo tiêu chuẩn DIN.



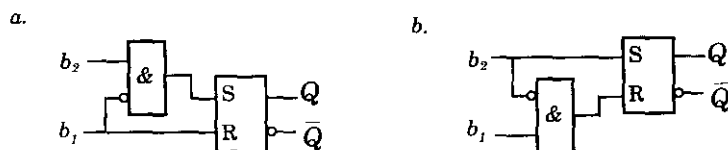
Hình 6.45 Kí hiệu phần tử RS - Flipflop theo tiêu chuẩn DIN

a. Theo tiêu chuẩn DIN 40 700

b. Theo tiêu chuẩn DIN 40 900

– Sự khóa lẫn của RS- Flipflop

Sự khóa lẫn có nghĩa là một tín hiệu ra sẽ hiện hữu, khi phải có những điều kiện nhất định thỏa mãn. Mạch khóa lẫn đơn giản nhất là sử dụng phần tử logic AND (hình 6.46).

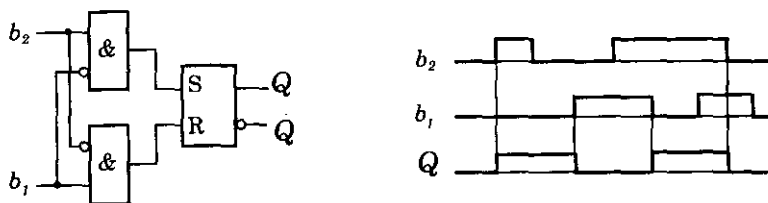


Hình 6.46 Mạch khóa lẫn của Flipflop

a. Cổng RESET trội hơn

b. Cổng SET trội hơn

Hình 6.47 biểu diễn Flipflop có tính chất là tín hiệu xuất hiện đầu tiên sẽ trội hơn.

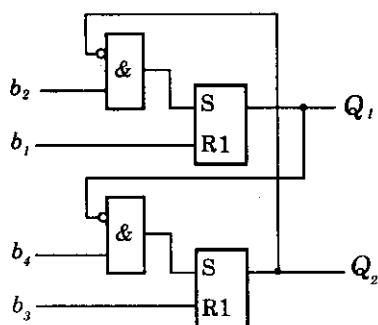


Hình 6.47 Flipflop có tín hiệu xuất hiện đầu tiên sẽ trội hơn

Hai Flipflop có thể khóa lẫn nhau được biểu diễn ở hình 6.48. Khi Flipflop thứ nhất còn hoạt động, thì Flipflop thứ 2 sẽ chưa hiện hữu.

– Ví dụ ứng dụng :

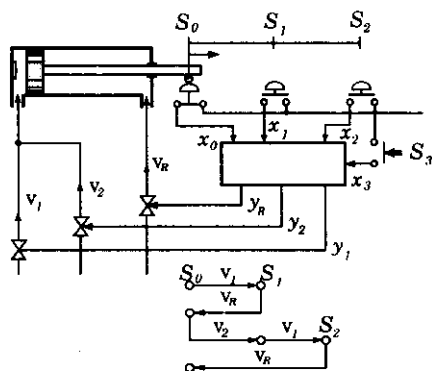
Quá trình điều khiển xilanh tác dụng 2 chiều được thực hiện như sau :



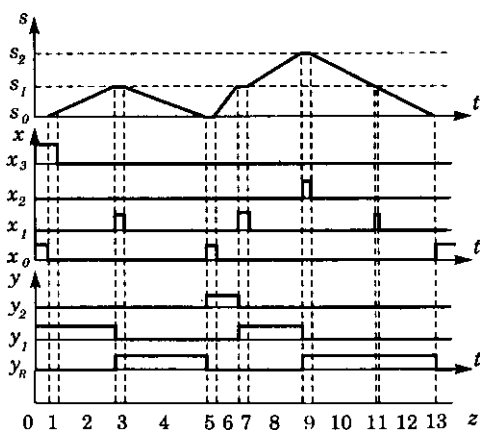
Hình 6.48 Sơ đồ 2 Flipflop khóa lẫn nhau

S_0 với vận tốc v_R . Từ đó một quy trình điều khiển mới lại bắt đầu bằng tác động vào nút ấn S_3 .

Hình 6.49 biểu diễn quy trình điều khiển xilanh. Tại các vị trí S_0 , S_1 và S_2 có các công tắc hành trình tương ứng x_0 , x_1 và x_2 . Nút ấn bằng tay kí hiệu S_3 . Tín hiệu ra của mạch điều khiển từ các van đảo chiều kí hiệu y_P , y_2 và y_R . Đồ thị trình tự chuyển mạch điều khiển chuyển động của pittông được biểu diễn ở hình 6.50. Khi tác động vào công tắc và pittông bắt đầu chuyển động, có một khoảng thời gian chậm trễ.



Hình 6.49 Quy trình điều khiển pittông.



Hình 6.50 Đồ thị trình tự chuyển mạch điều khiển pittông

Bảng trình tự chuyển mạch điều khiển pittông được biểu diễn ở hình 6.51. Có $z = 13$ trạng thái chuyển mạch được đặc trưng bằng những trạng thái xác định của tín hiệu x và y . Theo bảng trình tự chuyển mạch ta thấy là tín hiệu ra y phải được nhớ lại để pittông tiếp tục đi ra, mặc dầu tín hiệu vào x không còn nữa.

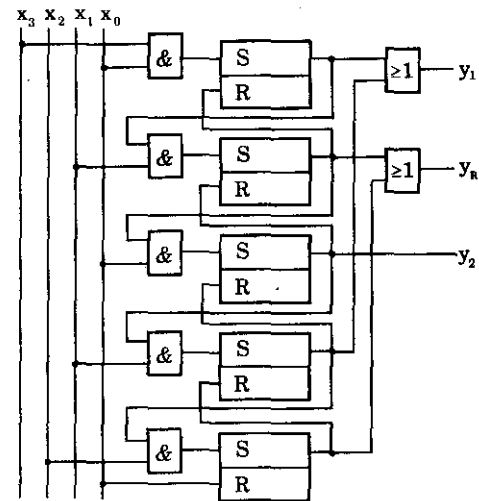
Ví dụ : tín hiệu ra y_P , y_2 , $y_R = 0,0,1$ ở trạng thái $z = 4$ được duy trì, khi các tín hiệu vào x_P , x_2 , x_P , $x_0 = 0,0,0,0$. Các trạng thái $z = 2,4,6,8,10,12$ có cùng trạng thái xác định x , nhưng yêu cầu của trạng thái tín hiệu ra y khác nhau. Như vậy theo yêu cầu quy trình điều khiển xilanh, bằng cách điều khiển thông thường, không thể thực hiện được, mà phải sử dụng *Flipflop*. Sơ đồ mạch logic điều khiển pittông được biểu diễn ở hình 6.52.

z	x_3	x_2	x_1	x_0	y_2	y_1	y_R
0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	1	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	1	0
9	0	1	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	1	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	1	0	0	0

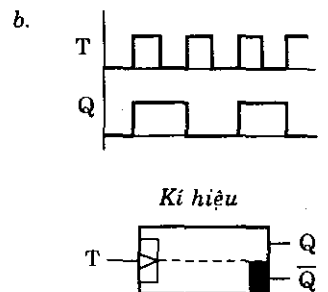
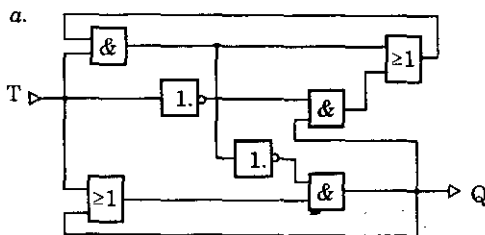
Hình 6.51 Bảng trình tự chuyển mạch điều khiển pittông

b) T - Flipflop

Nguyên lý hoạt động của *T - Flipflop* (hình 6.53) : tín hiệu vào là tín hiệu động (tín hiệu xung). Sơ đồ mạch logic, biểu đồ xung và kí hiệu *T-Flipflop* trình bày ở hình 6.53.



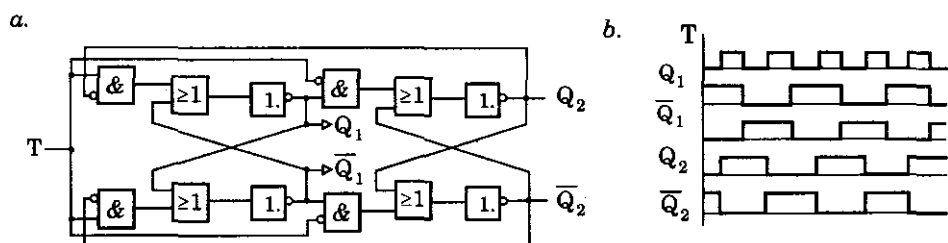
Hình 6.52 Sơ đồ mạch logic điều khiển pittông



Hình 6.53 *T - Flipflop*

- a. Sơ đồ mạch logic
b. Biểu đồ tín hiệu

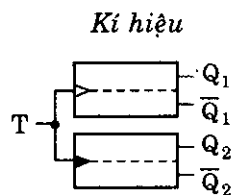
Trong thực tế *T - Flipflop* được ứng dụng như là phần tử nhớ số và có nhiều cổng ra. Hình 6.54 là sơ đồ mạch logic của *T - Flipflop* với nhiều cổng ra. Người ta cũng gọi là phần tử nhớ số bậc nhị phân với cổng ra âm và dương. Tín hiệu vào *T* sẽ chuyển đổi mạch ở cổng ra Q_1 và $\overline{Q}_1$ hay Q_2 và $\overline{Q}_2$. Trong khi cổng ra Q_1 và $\overline{Q}_1$ chuyển đổi từ trạng thái *L* sang *0*, thì cổng ra Q_2 và $\overline{Q}_2$ sẽ chuyển đổi từ trạng thái *0* sang *L*.



Hình 6.54 *T - Flipflop với nhiều cổng ra (2x2)*

a. Sơ đồ mạch logic

b. Biểu đồ tín hiệu (bậc nhị phân) với (2x2)



Ví dụ ứng dụng : cấu trúc của bộ đếm nhị phân

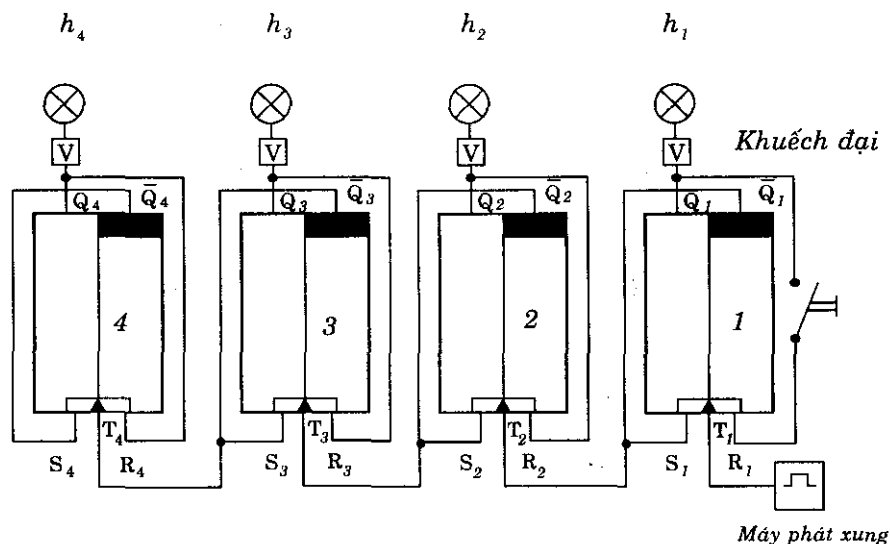
Bộ đếm nhị phân gồm các phần tử *T-Flipflop* lắp nối tiếp nhau (hình 6.55). Nguyên tắc hoạt động của bộ đếm nhị phân như sau :

- *Tín hiệu xung thứ nhất* : từ máy phát xung vào T_1 . Cổng Q_1 có giá trị L . Qua bộ phận khuếch đại, đèn h_1 sáng. Cổng $\overline{Q}_1$ có giá trị 0 , đèn h_2 chưa sáng.

- *Xung thứ 2* : sẽ làm cho cổng $\overline{Q}_1$ có giá trị L , cổng Q_1 có giá trị 0 , đèn h_1 tắt, đồng thời T_2 nhận giá trị L , Q_2 có giá trị L , đèn h_2 sáng.

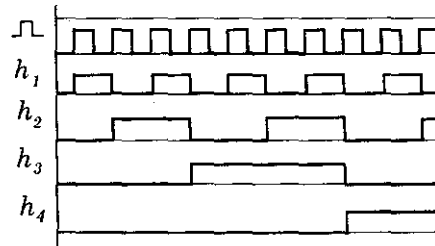
- *Xung thứ 3* : cổng Q_1 nhận giá trị L , đèn h_1 sáng, đồng thời cổng Q_2 vẫn còn giá trị L , đèn h_2 còn sáng.

- *Xung thứ 4* : *T-Flipflop* thứ nhất và thứ 2 ở vị trí RESET, đồng thời *T-Flipflop* thứ 3 ở vị trí SET, đèn h_3 sáng. *Xung thứ 5* thì *T-Flipflop* thứ nhất lại ở trạng thái SET...



Hình 6.55 *Bộ đếm nhị phân 4 bậc.*

h_4	h_3	h_2	h_1	Xung	Hệ nhị phân	Hệ thập phân
⊗	⊗	⊗	⊗	0	0 0 0 0	0
⊗	⊗	⊗	⊖	1	0 0 0 L	1
⊗	⊗	⊖	⊗	2	0 0 L 0	2
⊗	⊗	⊖	⊖	3	0 0 L L	3
⊗	⊖	⊗	⊗	4	0 L 0 0	4
⊗	⊖	⊗	⊖	5	0 L 0 L	5
⊗	⊖	⊖	⊗	6	0 L L 0	6
⊗	⊖	⊖	⊖	7	0 L L L	7
⊖	⊗	⊗	⊗	8	L 0 0 0	8
⊖	⊗	⊗	⊖	9	L 0 0 L	9



Hình 6.57 Biểu đồ xung

Quá trình hoạt động của bộ đếm nhị phân được biểu diễn trên hình 6.56.

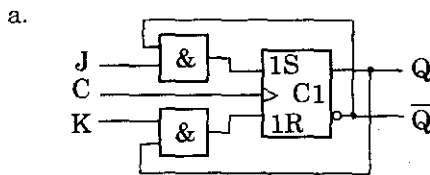
Sơ đồ chuyển mạch tín hiệu (biểu đồ xung) trình bày trên hình 6.57.

c) JK – Flipflop

JK – Flipflop có 2 cổng ra Q và $\bar{Q}$, 2 cổng này được nối qua phần tử logic AND với cổng vào SET (S)

Hình 6.56 Quá trình điều khiển của bộ đếm nhị phân.

và RESET (R) (hình 6.58a). Đặc điểm của JK – Flipflop khác RS – Flipflop là sự kết hợp tất cả tín hiệu ở cổng vào đều cho phép, xem bảng chân lí trên hình 6.58b.



b.

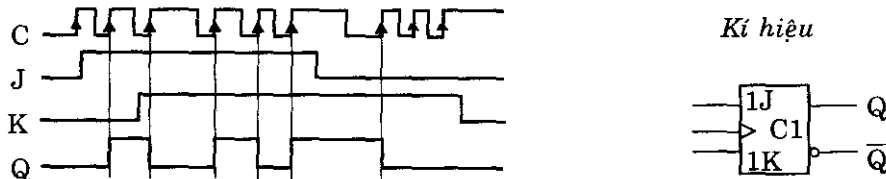
J	K	Q
0	0	Không thay đổi trạng thái
0	1	0
1	0	1
1	1	Chuyển đổi mạch trong mỗi nhịp

Hình 6.58 JK - Flipflop

a. Sơ đồ chức năng

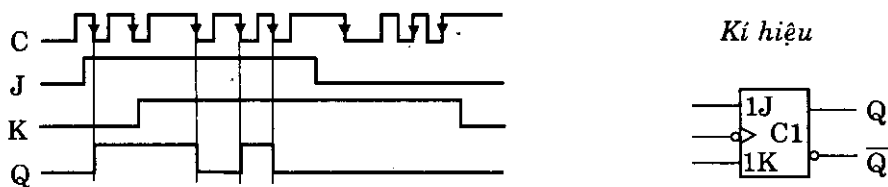
b. Bảng chân lí

Tùy theo hướng của xung tác động, ta phân biệt có 2 loại. Biểu đồ xung và kí hiệu JK – Flipflop có xung dương (tăng) được biểu diễn ở hình 6.59.



Hình 6.59 JK - Flipflop có xung dương (tăng)

Biểu đồ xung và kí hiệu JK – Flipflop có xung âm (giảm) được biểu diễn ở hình 6.60.

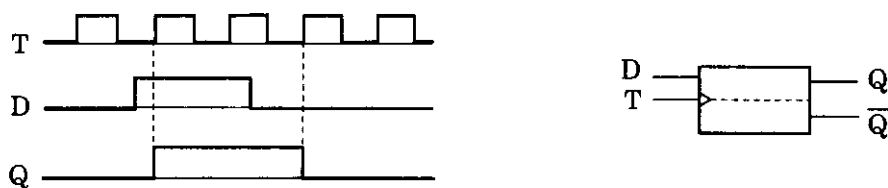


Hình 6.60 JK - Flipflop có xung âm (giảm)

d) D – Flipflop

Nguyên lí hoạt động của D - Flipflop (hình 6.61) : từ biểu đồ xung, ta thấy tín hiệu D đã hiện hữu, chờ cho đến xung tiếp theo của T, thì cổng ra Q sẽ có giá trị L.

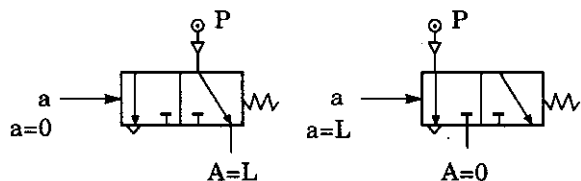
D - Flipflop được ứng dụng như là thanh dịch chuyển trong kĩ thuật điều khiển.



Hình 6.61 Kí hiệu và biểu đồ xung của D- Flipflop

IV. BIỂU DIỄN PHẦN TỬ LOGIC CỦA KHÍ NÉN

1. Phần tử NOT



Hình 6.62 Phần tử NOT

Van đảo chiều 3/2 có vị trí “không”, tại vị trí “không” cổng tín hiệu ra A (L) nối với nguồn P (hình 6.62).

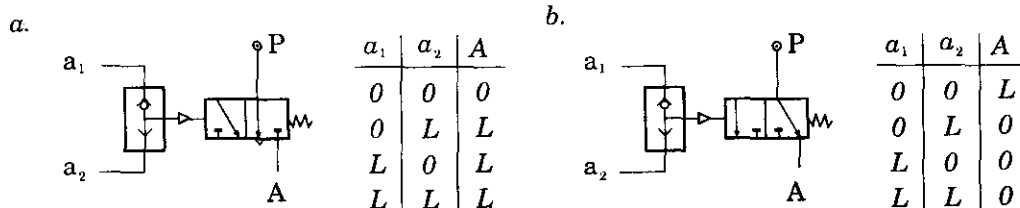
Khi chưa có tín hiệu vào $a = 0$, cửa A nối với cửa P.

Khi có tín hiệu vào (áp suất) $a = L$, van đảo chiều đổi vị trí, cửa A = 0 (bị chặn).

2. Phần tử OR và NOR

– Phần tử OR là van đảo chiều 3/2 có vị trí “không”, tại vị trí “không” cổng tín hiệu ra A bị chặn (hình 6.63a). Khi chưa có tín hiệu vào $a_1 = 0$, $a_2 = 0$, cửa A bị chặn. Khi có tín hiệu vào (áp suất) $a_1 = L$ hoặc $a_2 = L$, van đảo chiều đổi vị trí, cửa A = L (nối với nguồn P).

– Phần tử NOR là van đảo chiều 3/2 có vị trí “không”, tại vị trí “không” cổng tín hiệu ra A nối với nguồn P (hình 6.63b). Khi chưa có tín hiệu vào $a_1 = 0$, $a_2 = 0$, cửa A nối với nguồn P. Khi có tín hiệu vào (áp suất) $a_1 = L$ hoặc $a_2 = L$, van đảo chiều đổi vị trí, cửa A bị chặn.



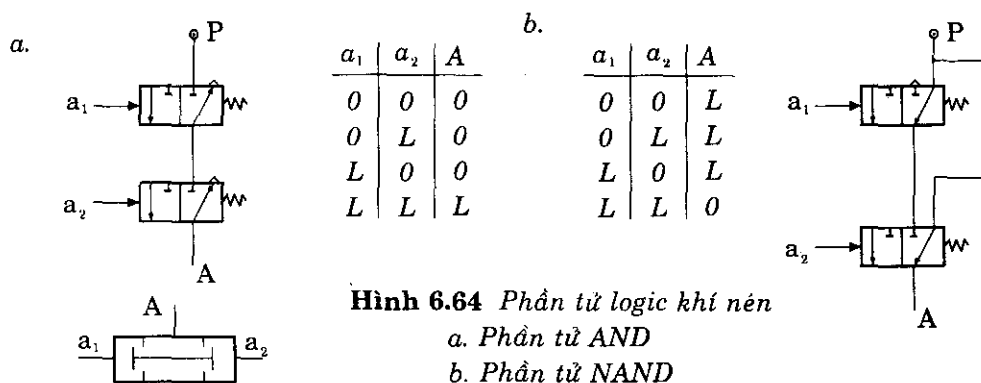
Hình 6.63 Phần tử logic khí nén

a. Phần tử OR

b. Phần tử NOR

3. Phần tử AND và NAND

Sơ đồ mạch, bảng chân lí của phần tử AND trình bày trên hình 6.64a và sơ đồ mạch, bảng chân lí của phần tử NAND trình bày trên hình 6.64b.



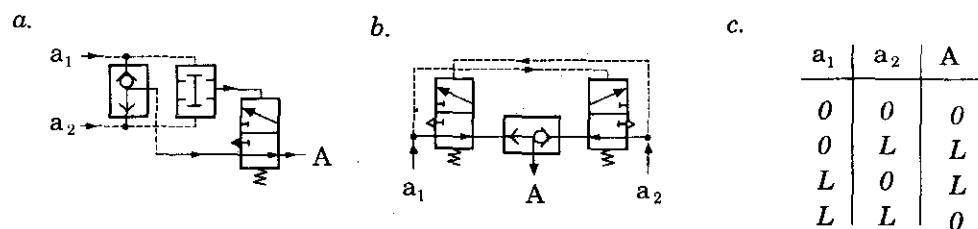
Hình 6.64 Phần tử logic khí nén

a. Phần tử AND

b. Phần tử NAND

4. Phần tử EXC - OR

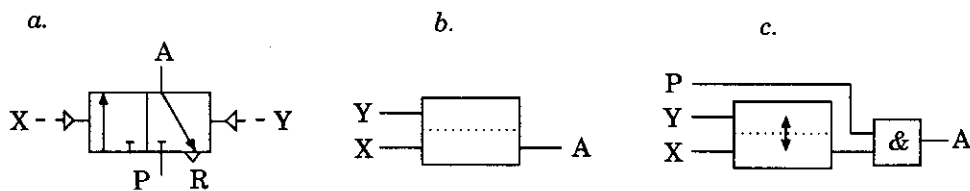
Phần tử EXC-OR gồm 1 van OR, 1 van AND và van đảo chiều 3/2, có vị trí “không” và ở vị trí “không” của A nối với nguồn P (hình 6.65a). Phần tử EXC-OR gồm 1 van OR và 2 van đảo chiều 3/2, có vị trí “không” và ở vị trí “không” của A nối với nguồn P (hình 6.65b).



Hình 6.65 Phần tử logic khí nén EXC - OR

5. R - S Flipflop

– Van đảo chiều xung 3/2 được sử dụng như là phần tử RS - Flipflop, sơ đồ mạch logic, kí hiệu trình bày trên hình 6.66.



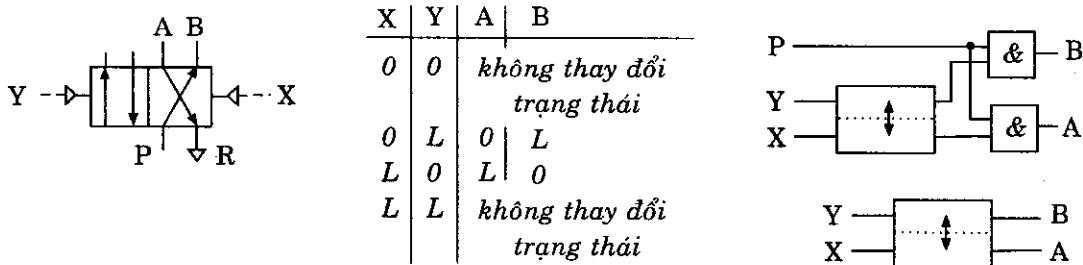
Hình 6.66 Van xung đảo chiều (RS - Flipflop)

a. Kí hiệu van đảo chiều 3/2 theo ISO 1219

b. Kí hiệu theo DIN 40 700

c. Kí hiệu theo DIN 40 700 (biểu diễn có cửa nối P)

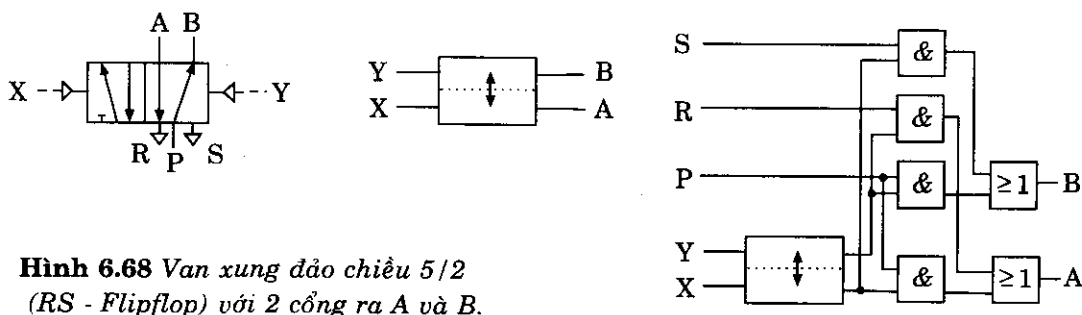
– Van đảo chiều xung 4/2 được sử dụng như là RS – Flipflop, có 2 cổng ra A và B, sơ đồ mạch logic, kí hiệu ở hình 6.67.



Hình 6.67 Van xung đảo chiều 4/2 (RS - Flipflop)

với 2 cổng ra A và B.

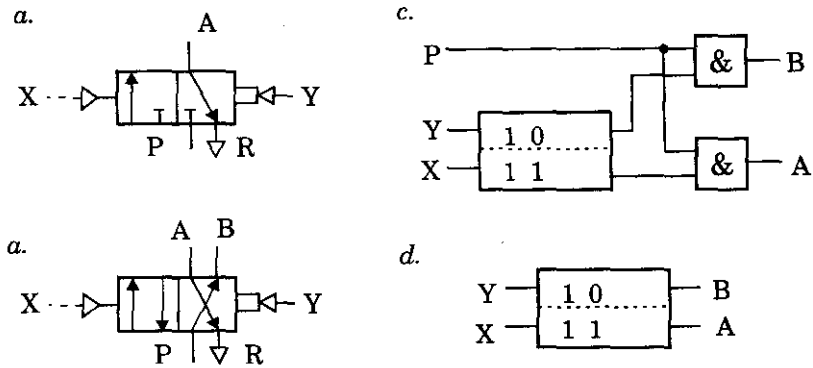
– Van đảo chiều xung 5/2 được sử dụng như là RS – Flipflop, có 2 cổng ra A và B, sơ đồ mạch logic, kí hiệu như trên hình 6.68.



Hình 6.68 Van xung đảo chiều 5/2

(RS - Flipflop) với 2 cổng ra A và B.

– Van đảo chiều xung được sử dụng như là RS – Flipflop, có 2 cổng ra A và B và cửa điều khiển X vì có đường kính nòng xanh lớn hơn, nên có tính trội hơn cửa Y. Sơ đồ mạch logic, kí hiệu trình bày ở hình 6.69.



Hình 6.69 Van xung đảo chiều (RS - Flipflop), cửa X có tính trội hơn

a. Kí hiệu van đảo chiều 3/2 theo ISO 1219

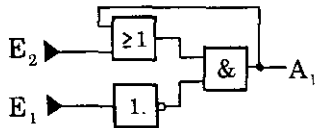
b. Kí hiệu van đảo chiều 4/2 theo ISO 1219

c. Kí hiệu theo DIN 40 700 (biểu diễn có cửa nối P)

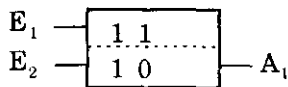
d. Kí hiệu theo DIN 40 700(biểu diễn không có cửa P)

– Sơ đồ mạch điều khiển bằng khí nén sử dụng phần tử *Flipflop* khí nén có RESET trội hơn (hình 6.70) gồm có 2 van đảo chiều 3/2, có vị trí “không” và 1 van OR. Vị trí “không” của van đảo chiều thứ nhất, cửa A nối với cửa xả khí. Vị trí “không” của van đảo chiều thứ 2, cửa A nối với nguồn P.

Sơ đồ mạch logic



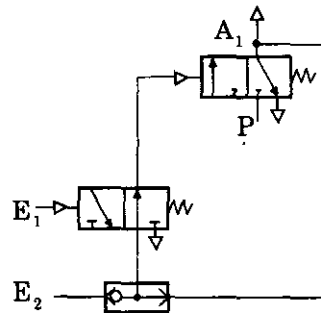
Kí hiệu



Bảng chân lí

E_2	E_1	A_1
0	0	0
L	0	L
0	L	0
L	L	0

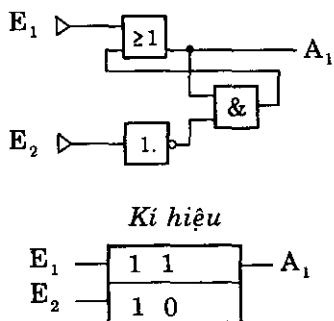
Sơ đồ mạch khí nén



Hình 6.70 Phần tử *Flipflop* khí nén có RESET trội hơn. $E_2 \equiv SET$ và $E_1 \equiv RESET$

– *Flipflop* khí nén có SET trội hơn (hình 6.71) gồm có 2 van đảo chiều 3/2, có vị trí “không” và 1 van OR. Vị trí “không” của van đảo chiều thứ nhất, cửa A nối với cửa xả khí. Vị trí “không” của van đảo chiều thứ 2, cửa A nối với nguồn P.

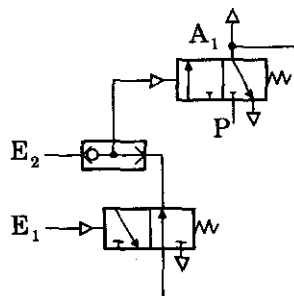
Sơ đồ mạch logic



Bảng chân lí

E_1	E_2	A_1
0	0	0
L	0	0
0	L	L
L	L	L

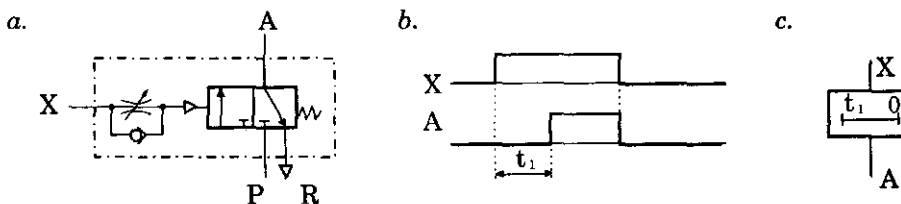
Sơ đồ mạch khí nén



Hình 6.71 Phần tử Flipflop khí nén có SET trội hơn. $E_1 \equiv SET$ và $E_2 \equiv RESET$.

6. Phần tử thời gian

– Phần tử thời gian đóng chậm theo chiều dương : biểu đồ thời gian và kí hiệu, xem hình 6.72.



Hình 6.72 Phần tử thời gian đóng chậm theo chiều dương

a. Kí hiệu theo ISO 1219

b. Biểu đồ thời gian

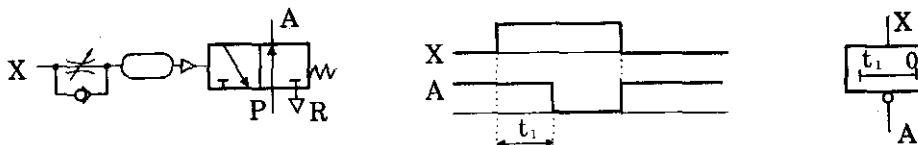
c. Kí hiệu theo DIN 40 700

– Phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều dương : biểu đồ thời gian, kí hiệu ở hình 6.73.

Kí hiệu theo ISO 1219

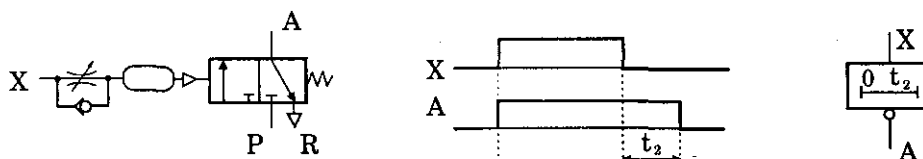
Biểu đồ thời gian

Kí hiệu theo DIN 40 700



Hình 6.73 Phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều dương

– Phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều âm : biểu đồ thời gian, kí hiệu ở hình 6.74.

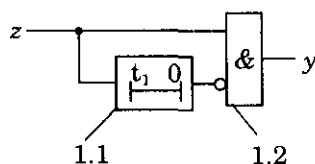


Hình 6.74 Phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều âm

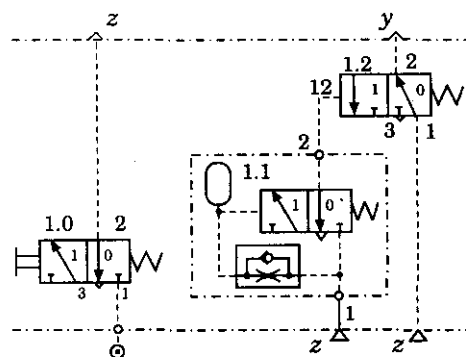
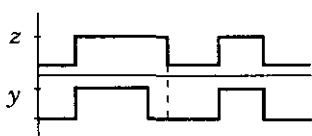
7. Mạch dạng xung bằng khí nén

Nguyên tắc hoạt động của *mạch dạng xung bằng khí nén*, được biểu diễn ở hình 6.75. Khi tín hiệu xung z có giá trị L , thì tín hiệu xung ra y cũng có giá trị L . Sau thời gian t_1 , phần tử thời gian 1.1 đóng, van 1.2 đổi vị trí, tín hiệu xung ra y trở về giá trị không, nếu thời gian nhấn nút ấn 1.0 lớn hơn thời gian t_1 của phần tử thời gian. Trong trường hợp, nếu thời gian nhấn nút ấn nhỏ hơn t_1 , thì tín hiệu xung vào z và tín hiệu xung ra y đồng nhất.

Mạch logic theo DIN 40 900



Biểu đồ thời gian theo VDI 3260



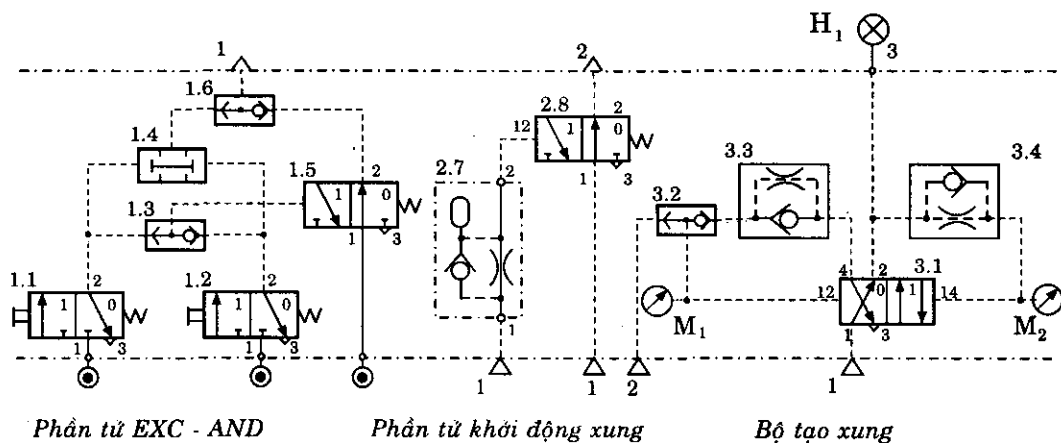
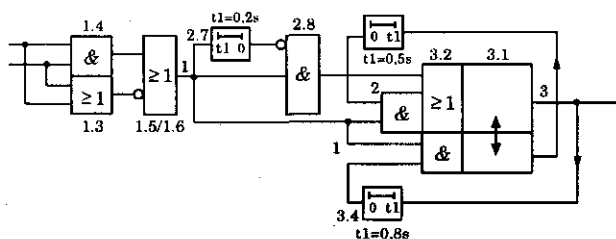
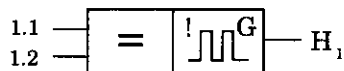
Hình 6.75 Mạch dạng xung bằng khí nén (DIN-ISO 1219/VDI 3226)

8. Mạch trigơ một trạng thái bền bằng khí nén

Nguyên tắc hoạt động của *mạch trigơ một trạng thái bền bằng khí nén*, biểu diễn ở hình 6.76. Nếu tín hiệu z có giá trị L , khí nén qua van 2.2, van đảo chiều của phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều âm đổi vị trí. Tín hiệu ra y nhận giá trị L . Sau một thời gian $t_1 = 0,25$ s, van đảo chiều 2.2 đổi sang vị trí 1, tín hiệu x sẽ nhận giá trị 0, tín hiệu ra y vẫn còn duy trì giá trị L trong khoảng thời gian t_2 , không phụ thuộc vào thời gian nhấn nút ấn z_0 .

Điều kiện để *mạch trigơ một trạng thái bền bằng khí nén* hoạt động là tín hiệu z phải giữ giá trị L trong khoảng thời gian lớn hơn t_1 (khoảng 0,2s).

Kí hiệu theo DIN 40 900

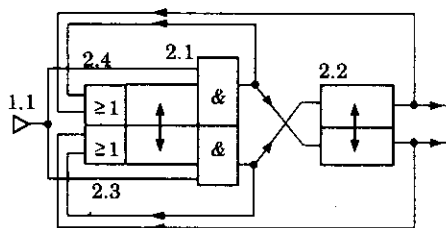


Hình 6.80 Mạch với bộ tạo xung

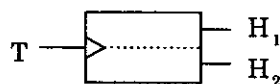
c) Mạch trigơ hai trạng thái bền bằng khí nén

Trigơ hai trạng thái bền bằng khí nén, được biểu diễn ở hình 6.81.

Mạch logic kí hiệu theo DIN 40 900



Kí hiệu theo ISO 1219



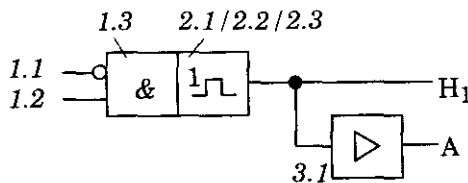
Hình 6.81 Trigơ hai trạng thái bền bằng khí nén.

Nguyên lí hoạt động của mạch trigơ hai trạng thái bền bằng khí nén (hình 6.82) :

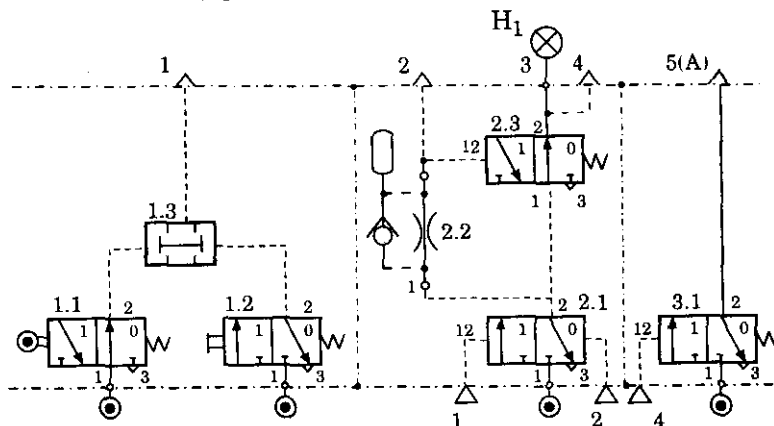
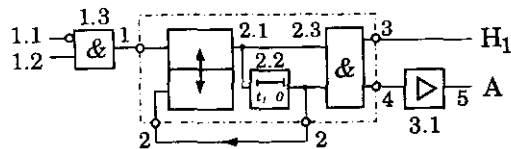
– Khi nhấn nút ấn 1.1, cửa 1 có giá trị $L = 1$. Van đảo chiều 2.1 ở vị trí “không”, tín hiệu điều khiển x_1 sẽ tác động lên van đảo chiều 2.2, đèn màu xanh H_1 sáng lên. Đồng thời tín hiệu x_1 qua van 2.3, tác động vào van 2.1, để duy trì vị trí “không”, mặc dù có tín hiệu qua van 2.4 tác động lên phía đối diện nòng van của van 2.1. Khi nhả nút ấn 1.1, tín hiệu x trở về giá trị 0 ($x = 0$), van 2.1 sẽ đổi vị trí, sang vị trí 1.

– Khi nhấn nút ấn 1.1 lại lần thứ 2, cửa 1 có giá trị $L = 1$. Van đảo chiều 2.1 ở vị trí 1, tín hiệu điều khiển x_2 sẽ tác động lên van đảo chiều 2.2, đèn màu đỏ H_2 sáng lên. Đồng thời tín hiệu x_2 qua van 2.4, tác động vào van 2.1, để duy trì vị trí 1, mặc dù có tín hiệu qua van 2.3 tác động lên phía đối diện nòng van của van 2.1. Khi nhả nút ấn 1.1, tín hiệu x trở về giá trị 0 ($x = 0$), van 2.1 sẽ đổi vị trí, sang vị trí “không”.

Kí hiệu theo DIN 40 900



Mạch logic theo DIN 40 900



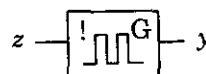
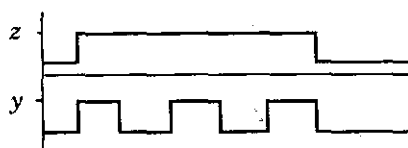
Hình 6.78 Mạch với trigơ một trạng thái bền có khoảng thời gian của tín hiệu ra hằng số.

b) Mạch với trigơ bất bền (bộ tạo xung)

Bộ tạo xung có biểu đồ thời gian và kí hiệu được biểu diễn ở hình 6.79.

Biểu đồ thời gian theo VDI 3260

Kí hiệu theo DIN 40 900

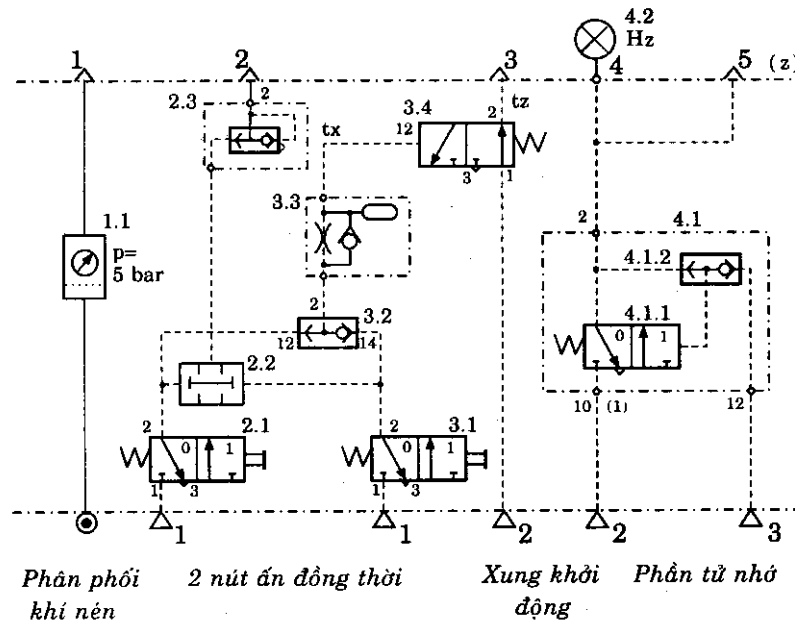
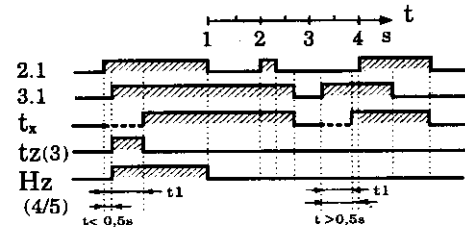
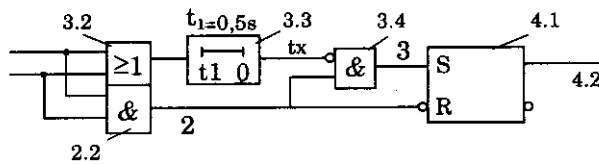


Hình 6.79 Trigơ bất bền (bộ tạo xung)

Mạch với trigơ bất bền (bộ tạo xung) được biểu diễn ở hình 6.80. Nguyên tắc hoạt động của mạch như sau :

Sau khi tín hiệu ở cửa 1 có giá trị L (tín hiệu ra của phần tử logic $EXC - AND$), qua phần tử khởi động xung (phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều dương $t_1 = 0,2 s$), đến van 3.2 và như vậy đèn tín hiệu H_1 sáng. Sau khoảng thời gian $t_1 = 0,8 s$, van đảo chiều 3.1 đổi vị trí do phần tử thời gian 3.4 điều khiển, đèn tín hiệu H_1 có giá trị 0 (đèn tắt). Đồng thời tín hiệu ra của van 3.1 sẽ vào phần tử thời gian 3.3. Sau khoảng thời gian $t = 0,5 s$, van đảo chiều 3.1 đổi vị trí do phần tử thời gian 3.3 điều khiển, đèn tín hiệu H_1 có giá trị 1 (đèn sáng lại). Quá trình đổi vị trí của van đảo chiều 3.1 làm cho đèn tín hiệu H_1 sẽ lần lượt sáng và tắt. Cho đến khi nào tín hiệu ở cửa 1 có giá trị 0 , thì quá trình chuyển đổi vị trí của van 3.1 sẽ dừng lại.

Biểu đồ thời gian



Hình 6.83 Mạch điều khiển an toàn với hai nút ấn tác động đồng thời.

10. Quy tắc cơ bản của đại số Boole với các phần tử khí nén

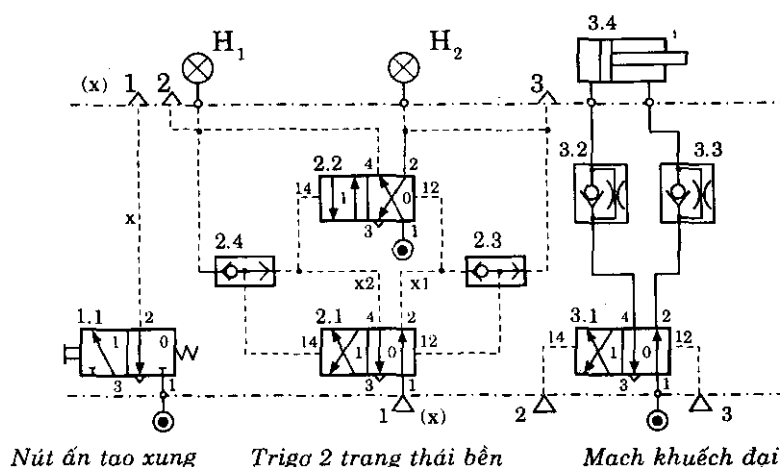
a) Quy tắc phép liên kết AND (và)

Quy tắc cơ bản cho phép liên kết AND được trình bày ở bảng 6.2.

Bảng 6.2

Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phần tử khí nén
1	$0 \wedge a = 0$		

- Nhấn và nhả nút ấn 1.1 lần thứ 3, quá trình thực hiện như lần thứ nhất.



Hình 6.82 Mạch trigơ hai trạng thái bền bằng khí nén.

d) Mạch điều khiển an toàn với 2 nút ấn tác động đồng thời

Chức năng của mạch điều khiển an toàn với hai nút ấn tác động đồng thời như sau:

– Tín hiệu ra y có giá trị L , khi 2 nút ấn nhấn đồng thời cùng một lúc (nút ấn 2.1 và 3.1).

– Sau khi tín hiệu ra y có giá trị L , nếu nhả một trong 2 nút ấn ra, tín hiệu ra trở về giá trị 0 . Nếu ta muốn tín hiệu ra y lại có giá trị L , thì nút ấn thứ hai phải buông ra và sau đó cả 2 nút ấn phải nhấn lại đồng thời.

– Tín hiệu ra y có giá trị L , khi khoảng thời gian chênh lệch nhấn đồng thời 2 nút ấn cho phép từ $0,2 - 0,5$ s.

– Khi đóng mạch hệ thống phân phối khí nén, tín hiệu ra y có giá trị 0 .

Nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển an toàn với hai nút ấn tác động đồng thời (hình 6.83) : khi nhấn đồng thời 2 nút ấn 2.1 và 3.1 với khoảng thời gian chênh lệch lớn hơn $0,5$ s, phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều dương 3.3 sẽ hoạt động, tín hiệu của ra 2 và 3 có giá trị 0 . Như vậy cửa 4 và cửa 5 cũng có giá trị 0 .

Khi nhấn đồng thời 2 nút ấn 2.1 và 3.1 với khoảng thời gian chênh lệch nhỏ hơn $0,5$ s, phần tử thời gian ngắt chậm theo chiều dương 3.3 chưa hoạt động, tín hiệu của ra 2 và 3 có giá trị L . Như vậy cửa 4 và cửa 5 cũng có giá trị L .

Sau khoảng thời gian $0,5$ s, nhờ tín hiệu qua van 4.1.2, van đảo chiều 4.1.1 vẫn duy trì vị trí 1. Tín hiệu của ra 4 và 5 vẫn có giá trị L . Khi điều kiện AND của v n 2.2 không thực hiện được, tín hiệu ở cửa 2 sẽ theo van thoát khí nhanh 2.3 ra ngoài.

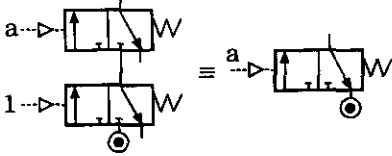
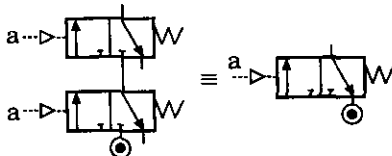
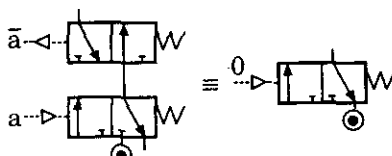
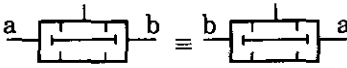
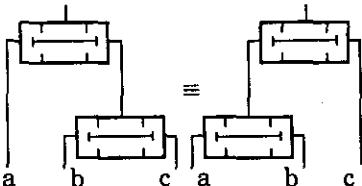
Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phân tử khí nén
3	$a \vee a = a$	$\begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ \text{---} \end{array} \equiv \begin{array}{ c } \hline a \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ \text{---} \end{array}$	
4	$a \vee \bar{a} = 1$	$\begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \bar{a} \\ \text{---} \end{array} \equiv \begin{array}{ c } \hline 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ \text{---} \end{array}$	
5	$a \vee b = b \vee a$	$\begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} b \\ \text{---} \end{array} \equiv \begin{array}{c} b \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array}$	
6	$a \vee b \vee c = (a \vee b) \vee c$ $= a \vee (b \vee c) =$ $= (a \vee c) \vee b =$	$\begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} b \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} c \\ \text{---} \end{array} \equiv \begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} b \vee c \\ \text{---} \end{array}$	

c) Quy tắc phủ định

Quy tắc phủ định được trình bày ở bảng 6.4.

Bảng 6.4

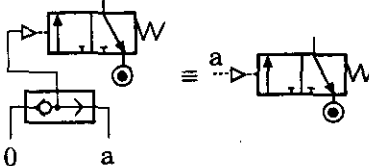
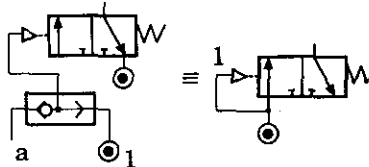
Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phân tử khí nén
1	$\bar{\bar{a}} = a$	$\bar{\bar{a}} \begin{array}{ c } \hline 1. \\ \hline \end{array} \begin{array}{ c } \hline 1. \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ \text{---} \end{array} \equiv \begin{array}{ c } \hline a \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ \text{---} \end{array}$	
2	$\overline{a \wedge b} = \bar{a} \vee \bar{b}$	$\begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} b \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline 1. \\ \hline \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ \text{---} \end{array} \equiv \begin{array}{c} a \\ \text{---} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \bar{b} \\ \text{---} \end{array}$	

Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phân tử khí nén
2	$1 \wedge a = a$	$\begin{array}{c} 1 \\ a \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \equiv a \begin{array}{ c } \hline \square \\ \hline \end{array}$	
3	$a \wedge a = a$	$\begin{array}{c} a \\ a \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \equiv a \begin{array}{ c } \hline \square \\ \hline \end{array}$	
4	$a \wedge \bar{a} = 0$	$\begin{array}{c} a \\ \bar{a} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \equiv 0 \begin{array}{ c } \hline \square \\ \hline \end{array}$	
5	$a \wedge b = b \wedge a$	$\begin{array}{c} a \\ b \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \equiv \begin{array}{c} b \\ a \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array}$	
6	$a \wedge b \wedge c = (a \wedge b) \wedge c$ $a \wedge (b \wedge c) = (a \wedge b) \wedge c$	$\begin{array}{c} a \\ b \\ c \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \equiv \begin{array}{c} a \\ b \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \begin{array}{ c } \hline \& \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} c \end{array}$	

b) Quy tắc phép liên kết OR (hoặc)

Quy tắc cơ bản cho phép liên kết OR được trình bày ở bảng 6.3.

Bảng 6.3

Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phân tử khí nén
1	$0 \vee a = a$	$\begin{array}{c} 0 \\ a \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \equiv a \begin{array}{ c } \hline \square \\ \hline \end{array}$	
2	$1 \vee a = 1$	$\begin{array}{c} 1 \\ a \end{array} \begin{array}{ c } \hline \geq 1 \\ \hline \end{array} \equiv 1 \begin{array}{ c } \hline \square \\ \hline \end{array}$	

CHƯƠNG VII

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG KHÍ NÉN

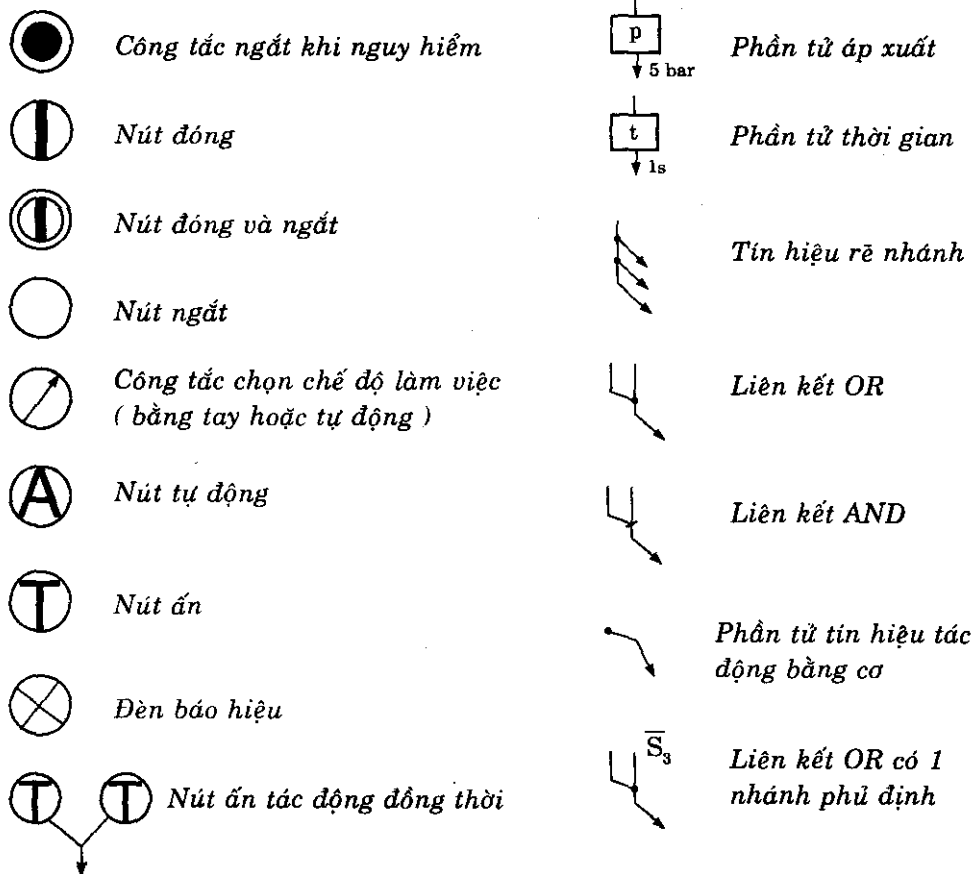
I. BIỂU DIỄN CHỨC NĂNG CỦA QUÁ TRÌNH ĐIỀU KHIỂN

Trong một hệ thống điều khiển gồm nhiều mạch điều khiển. Hơn nữa trong quá trình điều khiển, nhiều hệ thống điều khiển được kết hợp với nhau, ví dụ : *điều khiển bằng khí nén kết hợp với điện, thủy lực...* Để đơn giản quá trình điều khiển, phần tiếp theo sẽ trình bày cách biểu diễn các chức năng của quá trình điều khiển theo tiêu chuẩn của Cộng hòa Liên bang Đức, gồm có :

- Biểu đồ trạng thái theo tiêu chuẩn VDI 3260
- Sơ đồ chức năng theo tiêu chuẩn DIN 40 719
- Lưu đồ tiến trình theo tiêu chuẩn DIN 66 001

1. Biểu đồ trạng thái

a) Kí hiệu. Kí hiệu các chức năng điều khiển được biểu diễn hình 7.1.



Hình 7.1 Kí hiệu biểu diễn biểu đồ trạng thái theo VDI 3260

Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phân tử khí nén
3	$\overline{a \vee b} = \bar{a} \wedge \bar{b}$		

d) Quy tắc phân phối

Quy tắc phân phối được trình bày ở bảng 6.5.

Bảng 6.5

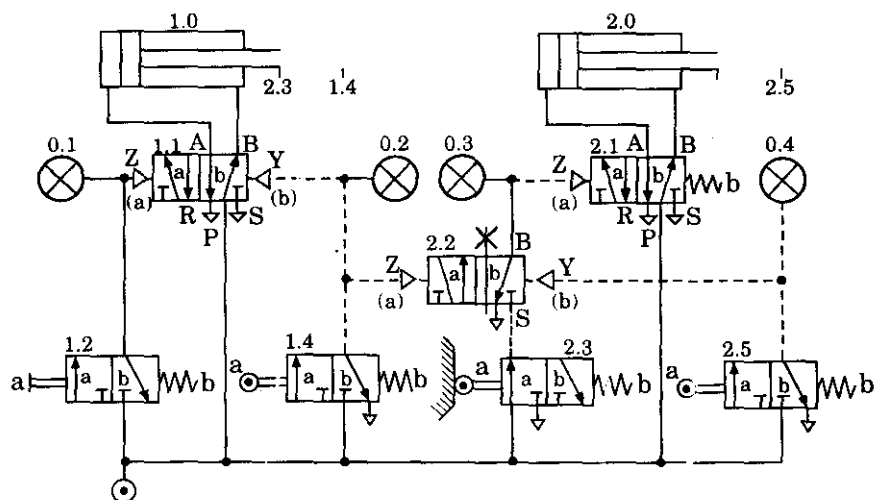
Số TT	Quy tắc	Kí hiệu	Phân tử khí nén
1	$(a \vee b) \wedge (a \vee c) = a \vee (b \wedge c)$		
2	$(a \wedge b) \vee (a \wedge c) = a \wedge (b \vee c)$		
Mạch tổng hợp $y_1 = x_1 \wedge x_2 \vee x_3$ $y_2 = (x_1 \wedge x_2 \vee x_3) \wedge x_4 \wedge x_5$			

Biểu đồ trạng thái được biểu diễn ở hình 7.4.

Các phần tử		Trạng thái		Bước thực hiện Thời gian					
Kí hiệu	Tên gọi	Chuyển động, chức năng	Vị trí	0	1	2	3	4	
1.0	Xilanh tác dụng 2 chiều	uốn chi tiết	+		1.4	2.4	2.5		
2.0	Xilanh tác dụng 2 chiều	dịch chuyển chi tiết	+						
			-						
1.1	Van đảo chiều xung 5/2	điều khiển xilanh 1.0	a						
			b						
1.2	Nút ấn(van đảo chiều 3/2)	điều khiển 1.1a	a						
			b						
1.4	Công tắc hành trình	điều khiển 1.1b và 2.2a	a						
			b						
2.2	Flipflop	điều khiển 2.1a	a						
			b						
2.1	Van đảo chiều 5/2	điều khiển xilanh 2.0	a						
			b						
			a						
			b						
2.3	Công tắc hành trình	điều khiển 2.1a	a						
			b						
2.5	Công tắc hành trình	Reset Flipflop 2.2	a						
			b						

Hình 7.4 Biểu đồ trạng thái

Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 7.5.



Hình 7.5 Sơ đồ mạch khí nén

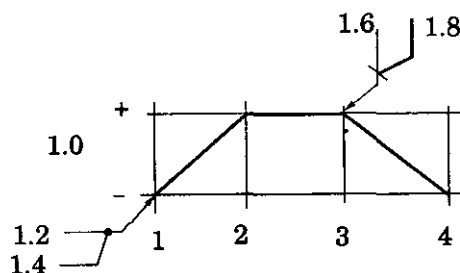
b) Thiết kế biểu đồ trạng thái

– *Biểu đồ trạng thái* biểu diễn trạng thái các phần tử trong mạch, mối liên hệ giữa các phần tử và trình tự chuyển mạch của các phần tử.

– *Trục tọa độ thẳng đứng* biểu diễn trạng thái (hành trình chuyển động, áp suất, góc quay...). *Trục tọa độ nằm ngang* biểu diễn các bước thực hiện hoặc là thời gian hành trình. Hành trình làm việc được chia thành các bước. Sự thay đổi trạng thái trong các bước được biểu diễn bằng đường đậm. Sự liên kết các tín hiệu được biểu diễn bằng đường nét nhỏ và chiều tác động biểu diễn bằng mũi tên.

Ví dụ : thiết kế biểu đồ trạng thái của quy trình điều khiển sau :

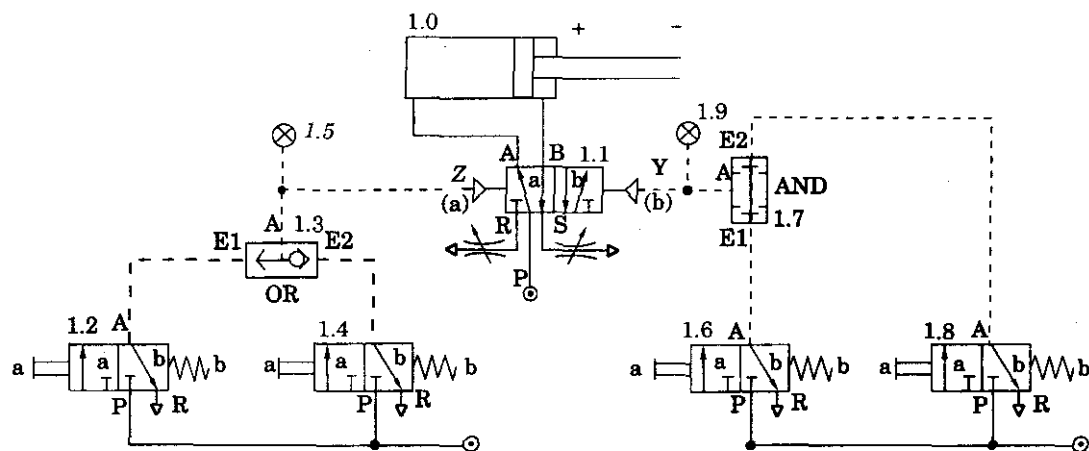
Xilanh tác dụng 2 chiều 1.0 sẽ đi ra, khi tác động vào nút ấn 1.2 hoặc 1.4. Muốn xilanh lùi về, thì phải tác động đồng thời 2 nút ấn 1.6 và 1.8.



Biểu đồ trạng thái của xilanh 1.0 được biểu diễn ở hình 7.2. Nút ấn 1.2 và 1.4 là liên kết OR. Nút ấn 1.6 và 1.8 liên kết AND. Xilanh đi ra kí hiệu dấu +, xilanh lùi về kí hiệu dấu -.

Hình 7.2 Biểu đồ trạng thái của xilanh 1.0

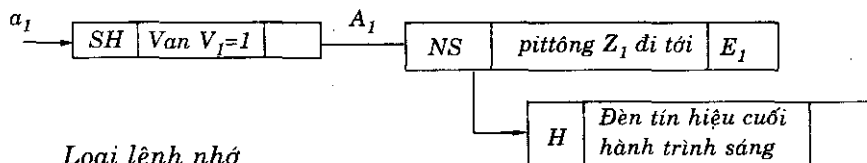
Sơ đồ mạch khí nén của quy trình điều khiển trên được biểu diễn ở hình 7.3.



Hình 7.3 Sơ đồ mạch khí nén

Quy trình điều khiển 2 xilanh tác dụng 2 chiều hoạt động như sau :

Khi tác động vào nút ấn 1.2, xilanh thứ nhất 1.0 đi ra để uốn chi tiết. Sau khi uốn xong (chạm công tắc hành trình 1.4), xi lanh lùi về. Sau khi pittông đã lùi về, công tắc hành trình 2.3 sẽ tác động lên xilanh thứ hai, xilanh thứ 2 sẽ đi ra để dịch chuyển chi tiết tiếp theo. Khi chạm công tắc hành trình 2.5, xilanh thứ 2 sẽ lùi về.



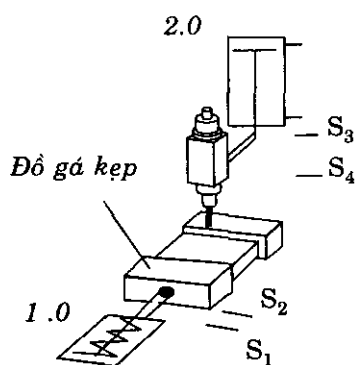
- S* Loại lệnh nhớ
NS Loại lệnh không nhớ
SH Loại lệnh nhớ, mặc dù dòng năng lượng trong hệ thống mất đi
T Loại lệnh giới hạn thời gian
D Loại lệnh bị chậm trễ
SD Loại lệnh nhớ và bị chậm trễ
NSD Loại lệnh không nhớ, nhưng chậm trễ
ST Loại lệnh nhớ và giới hạn thời gian

Hình 7.8 Kí hiệu lệnh thực hiện

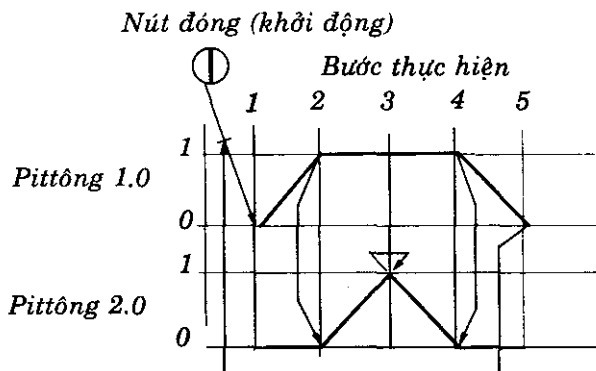
b) Ví dụ thiết kế sơ đồ chức năng

Nguyên lí làm việc của máy khoan (hình 7.9) như sau : sau khi chi tiết được kẹp (xilanh 1.0 đi ra), đầu khoan bắt đầu đi xuống (xilanh 2.0) và khoan chi tiết. Khi đầu khoan đã lùi trở về, thì chi tiết được tháo ra (xilanh 1.0 lùi trở về).

a.



b.



Hình 7.9 Nguyên lí làm việc của máy khoan

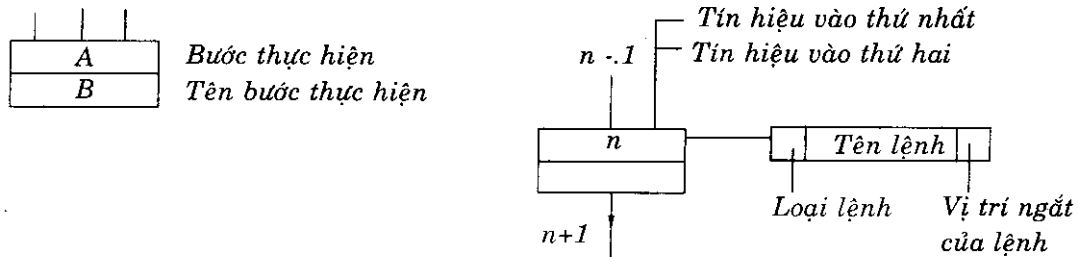
- a. Sơ đồ hoạt động
b. Biểu đồ trạng thái

Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 7.10.

2. Sơ đồ chức năng

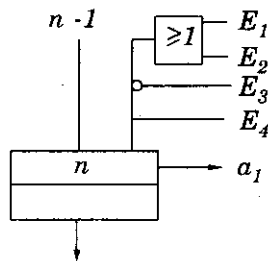
a) Kí hiệu

Sơ đồ chức năng bao gồm các *bước thực hiện* và các *lệnh*. Các bước thực hiện được kí hiệu theo số thứ tự và các lệnh gồm tên lệnh, loại lệnh và vị trí ngắt của lệnh (hình 7.6).



Hình 7.6 Kí hiệu các bước và lệnh thực hiện của sơ đồ chức năng theo DIN 49719

- Kí hiệu *bước thực hiện* được biểu diễn ở hình 7.7. Tín hiệu ra a_1 của *bước thực hiện* điều khiển *lệnh thực hiện*. (van đảo chiều, xilanh, động cơ) và được biểu diễn



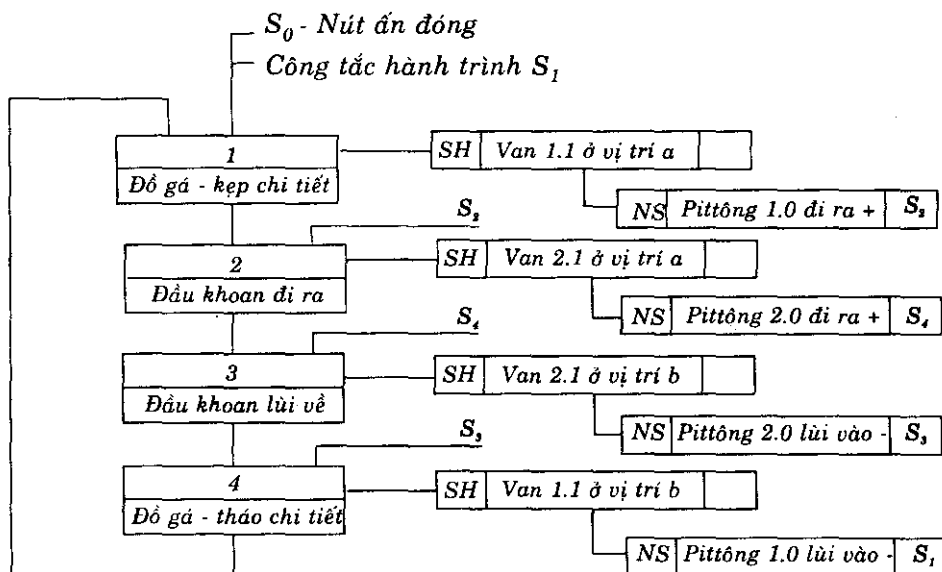
Hình 7.7 Kí hiệu bước thực hiện

những đường thẳng nằm bên phải và phía dưới kí hiệu của bước thực hiện. Tín hiệu vào được biểu diễn bằng những đường thẳng nằm phía trên và bên trái của kí hiệu bước thực hiện. Bước thực hiện thứ n sẽ có hiệu lực, khi lệnh của bước thực hiện thứ $(n - 1)$ trước đó phải hoàn thành, và đạt phải được vị trí ngắt của lệnh đó. Bước thực hiện thứ n sẽ được xóa, khi các bước thực hiện tiếp theo sau đó có hiệu lực.

- Kí hiệu *lệnh thực hiện* được biểu diễn ở hình 7.8, gồm 3 phần : tên lệnh, loại lệnh và vị trí ngắt lệnh. Tín hiệu ra kí hiệu của lệnh có thể

không cần biểu diễn ở ô vuông bên phải của kí hiệu. Qua đó ta có thể nhận thấy được một cách tổng thể từ tín hiệu điều khiển ra tới cơ cấu chấp hành. Ví dụ : tín hiệu ra a_1 sẽ điều khiển van đảo chiều V_1 bằng loại lệnh SH (loại lệnh nhớ, khi dòng năng lượng trong hệ thống mất đi). Với tín hiệu ra A_1 từ van đảo chiều sẽ điều khiển pittông Z_1 đi ra với loại lệnh NS (không nhớ).

trực tiếp lên van đảo chiều, van đảo chiều đổi vị trí và vị trí đó phải được nhớ trong quá trình *xilanh 1.0 đi ra*, tín hiệu ra từ van đảo chiều tác động trực tiếp lên cơ cấu chấp hành (*xilanh 1.0 đi ra*). Giai đoạn này không cần phải nhớ. Sau khi lệnh thứ nhất thực hiện xong, vị trí ngắt lệnh thực hiện thứ nhất là công tác hành trình S_2 , thì bước thực hiện thứ 2 sẽ có hiệu lực.

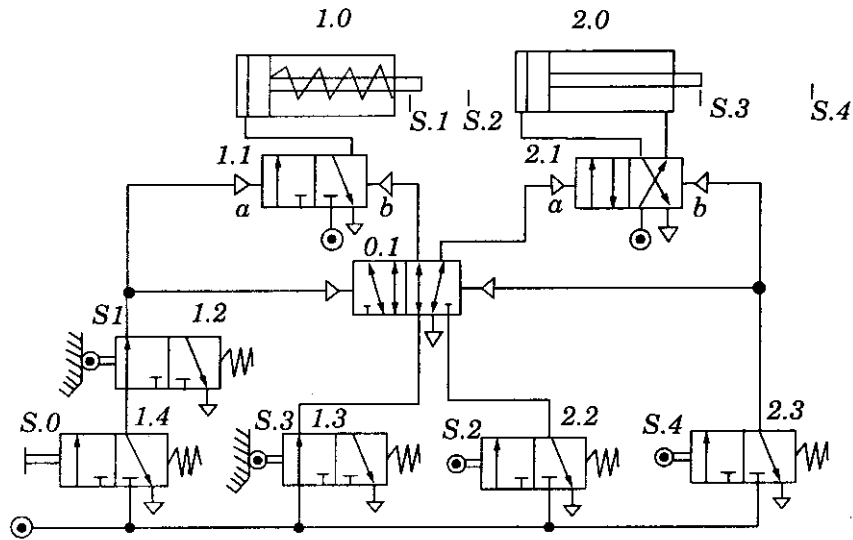


Hình 7.12 Sơ đồ chức năng với tín hiệu ra của kí hiệu lệnh trực tiếp tác động lên van đảo chiều

3. Lưu đồ tiến trình

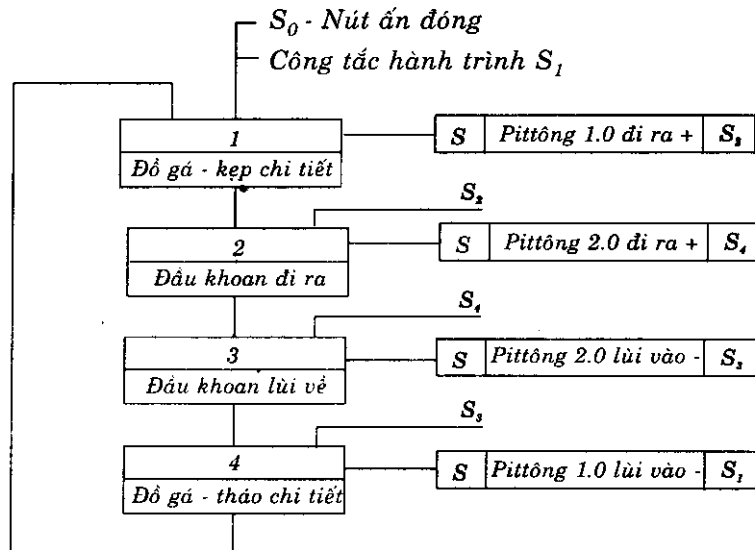
a) Kí hiệu

Kí hiệu để biểu diễn lưu đồ tiến trình theo DIN 66 001 được trình bày trên hình 7.13.



Hình 7.10 Sơ đồ mạch khí nén của thiết bị khoan

Sơ đồ chức năng được thiết kế ở hình 7.11. Theo hình 7.11 tín hiệu ra của lệnh thực hiện, ví dụ lệnh thực hiện 1, sẽ tác động trực tiếp cơ cấu chấp hành (xilanh 1.0 đi ra). Sau khi lệnh thứ nhất thực hiện xong, vị trí ngắt lệnh thực hiện thứ nhất là công tắc hành trình S_2 , thì bước thực hiện thứ 2 sẽ có hiệu lực. Theo quy trình thì lệnh thứ nhất này phải nhớ.



Hình 7.11 Sơ đồ chức năng với tín hiệu ra của lệnh trực tiếp tác động lên cơ cấu chấp hành

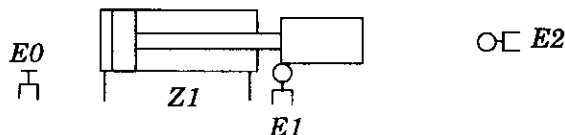
Theo hình 7.12 tín hiệu ra của lệnh thực hiện, ví dụ lệnh thực hiện 1, sẽ tác động

– Bước thực hiện thứ 2 :

$$E2 = Z1 - \rightarrow E1$$

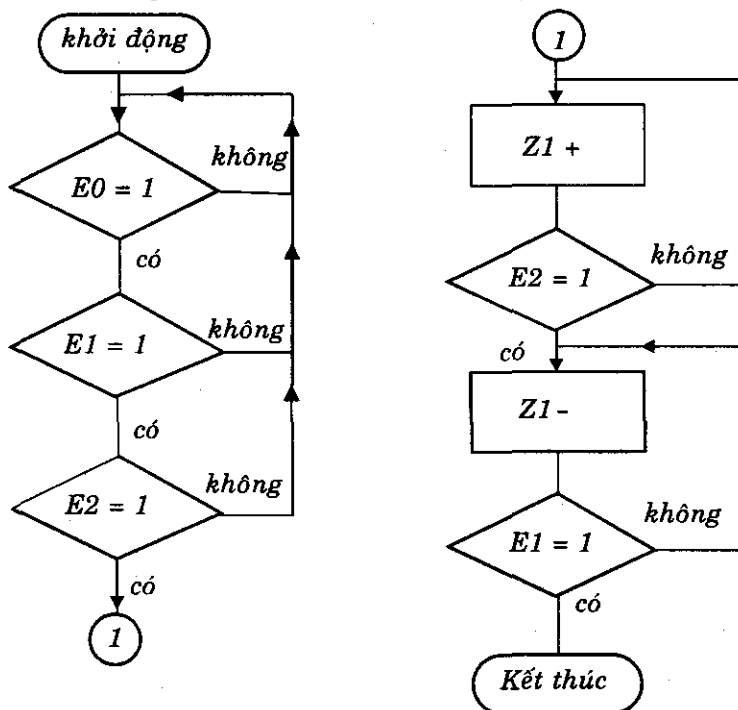
– Bước thực hiện thứ 3 :

E1 = Kết thúc quá trình điều khiển.



Hình 7.14 Nguyên lí hoạt động của mạch điều khiển

Lưu đồ tiến trình của quá trình điều khiển trình bày ở hình 7.15.



Hình 7.15 Lưu đồ tiến trình điều khiển

II. PHÂN LOẠI PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN

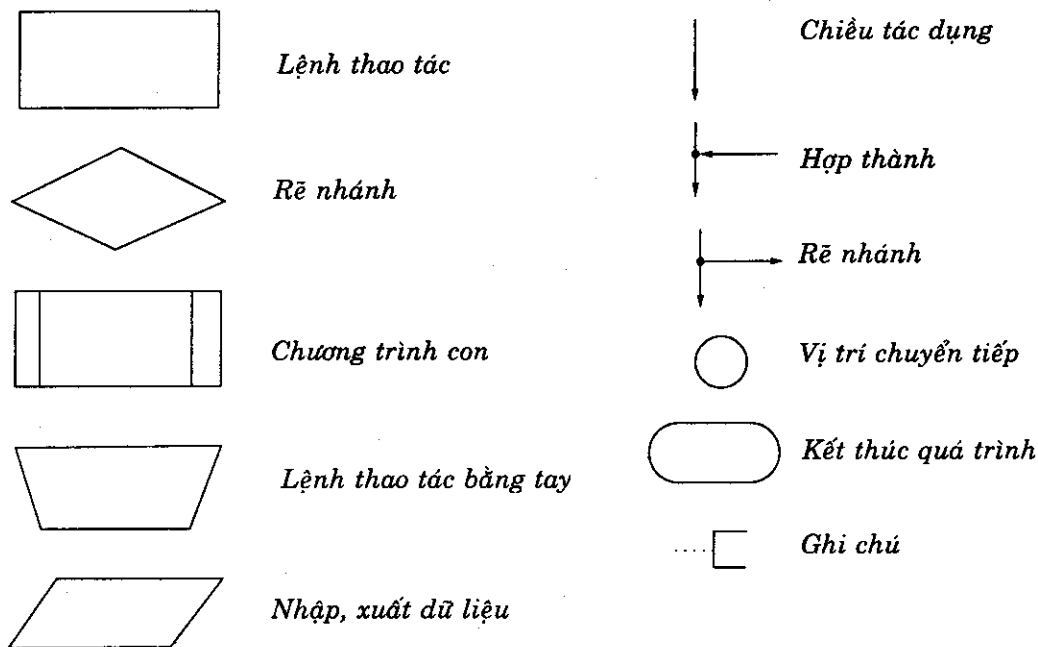
Phương pháp điều khiển được phân loại theo DIN 19 237 như sau :

- Điều khiển bằng tay
- Điều khiển tùy động theo thời gian
- Điều khiển tùy động theo hành trình
- Điều khiển theo chương trình bằng cơ cấu chuyển mạch
- Điều khiển theo tầng
- Điều khiển theo nhịp
- Điều khiển bằng bộ chọn theo bước

Phần tiếp theo sẽ trình bày lần lượt các phương pháp điều khiển trên.

1. Điều khiển bằng tay

Điều khiển bằng tay được ứng dụng phần lớn những mạch điều khiển bằng khí



Hình 7.13 Kí hiệu biểu diễn lưu đồ tiến trình
theo DIN 66 001

Lưu đồ tiến trình biểu diễn phương thức giải (thuật toán – Algorithmus) của một quá trình điều khiển. Lưu đồ tiến trình không biểu diễn những thông số và phần tử điều khiển. Lưu đồ tiến trình có ưu điểm là vạch ra hướng tổng quát của quá trình điều khiển và có tác dụng như là phương tiện thông tin giữa người sản xuất phần tử điều khiển và kĩ thuật viên sử dụng phần tử đó.

b) Ví dụ thiết kế lưu đồ tiến trình

Nguyên tắc hoạt động của mạch điều khiển ở hình 7.14 được thực hiện như sau :

– *Bước thực hiện thứ nhất :*

Khi pittông ở vị trí ban đầu ($E1 = 1 / E2 = 0$) nút ấn khởi động $E0$ tác động, pittông đi ra ($Z1 +$).

– *Bước thực hiện thứ 2 :*

Khi pittông đi ra đến cuối hành trình, chạm công tắc hành trình $E2$, pittông sẽ lùi về ($Z1 -$)

– *Bước thực hiện thứ 3 :*

Tại vị trí ban đầu, pittông chạm công tắc hành trình $E1$, quá trình điều khiển kết thúc.

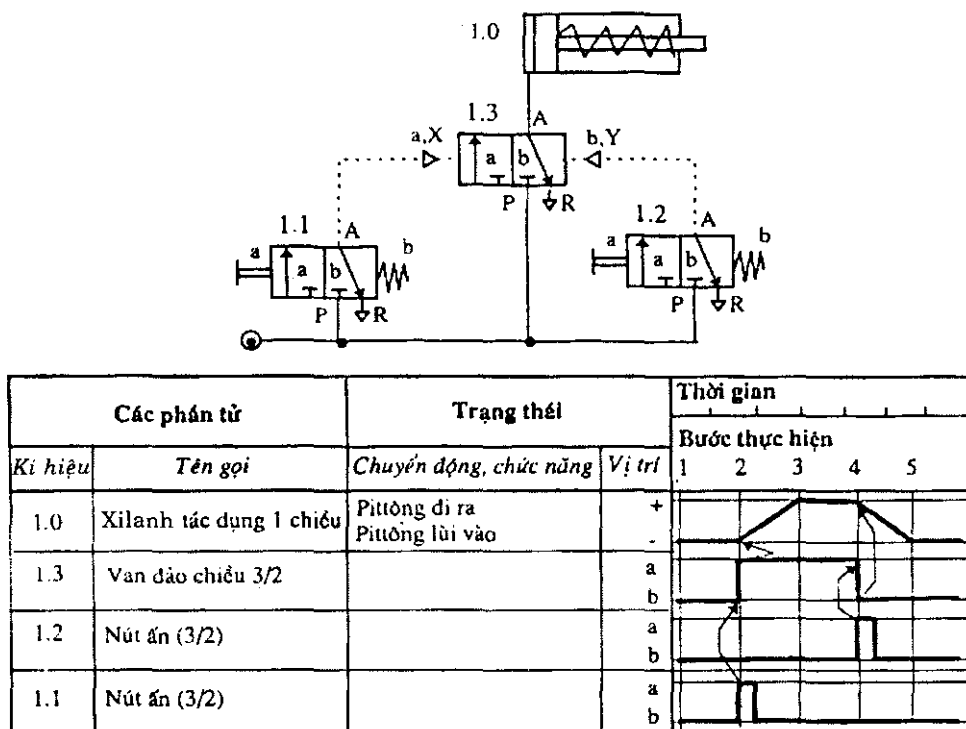
Quá trình điều khiển được viết như sau :

– *Bước thực hiện thứ nhất :*

$$E0 \wedge E1 \wedge E2 = Z1 + \rightarrow E2$$

b) Mạch điều khiển gián tiếp

Pittông đi ra và lùi vào được điều khiển bằng phần tử nhớ 1.3. Mạch điều khiển và biểu đồ trạng thái trình bày ở hình 7.18.



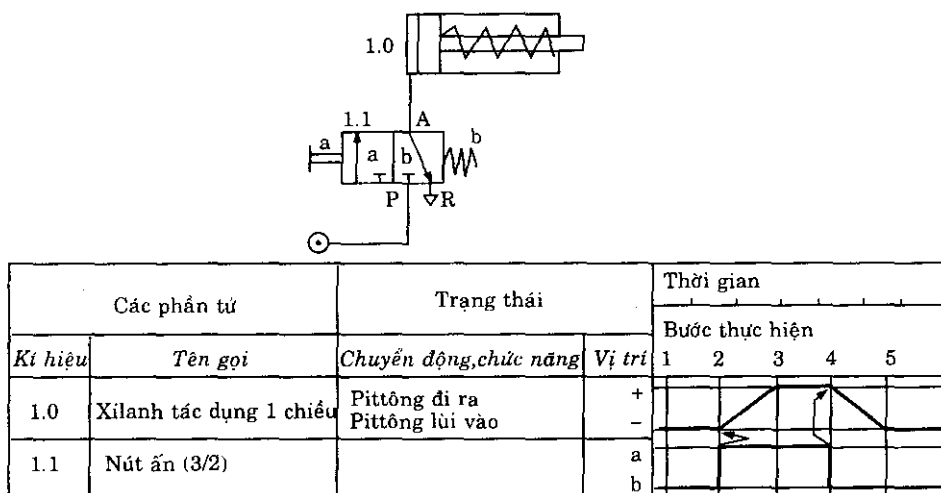
Hình 7.18 Mạch điều khiển gián tiếp xilanh tác dụng đơn có phần tử nhớ

Mạch điều khiển xilanh tác động 2 chiều với phần tử nhớ 1.3 trình bày ở hình 7.19.

nén đơn giản, ví dụ như các đồ gá kẹp chi tiết

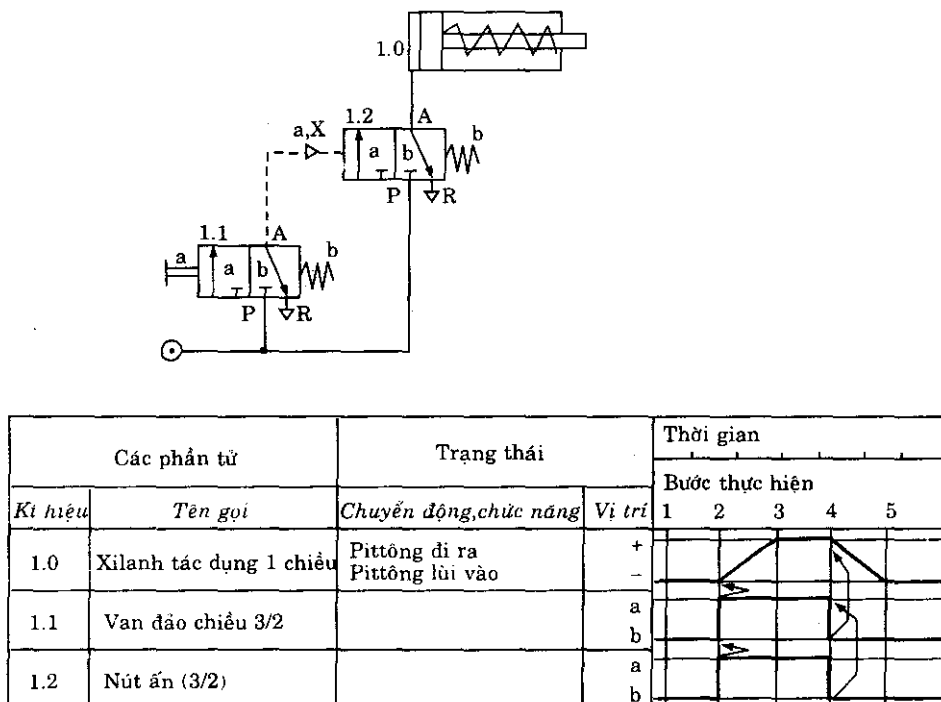
a) Điều khiển trực tiếp

Điều khiển trực tiếp có đặc điểm là chức năng đưa tín hiệu và xử lý tín hiệu do một phần tử đảm nhận. Ví dụ mạch điều khiển xilanh tác dụng một chiều ở hình 7.16.



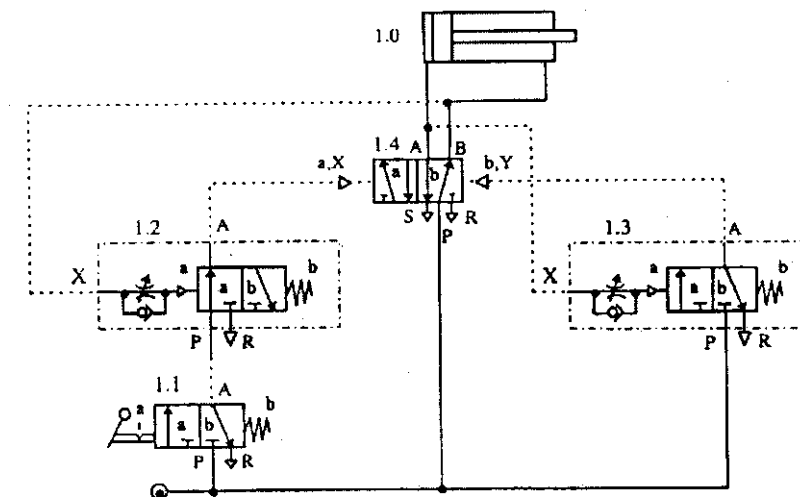
Hình 7.16 Mạch điều khiển trực tiếp

Hình 7.17 biểu diễn mạch điều khiển bằng tay gồm có phần tử đưa tín hiệu 1.1 và phần tử xử lý tín hiệu 1.2.



Hình 7.17 Mạch điều khiển trực tiếp với phần tử đưa và xử lý tín hiệu

Hình 7.21 biểu diễn sơ đồ mạch điều khiển tùy động theo thời gian có chu kỳ tự động.



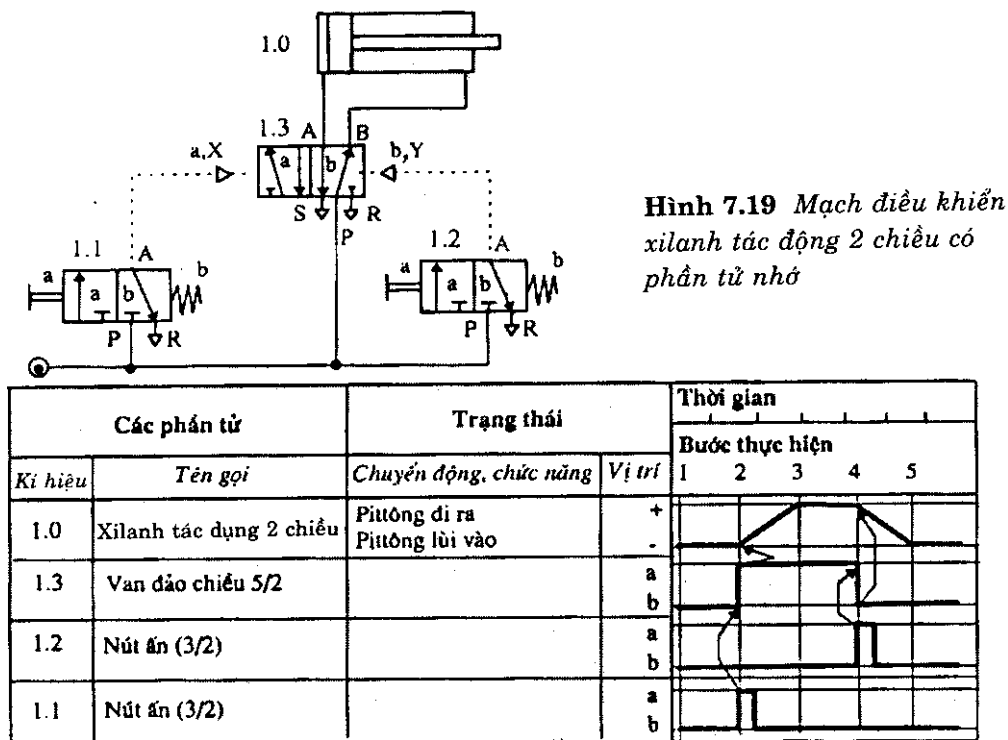
Hình 7.21 Sơ đồ mạch điều khiển tùy động theo thời gian có chu kỳ tự động.

Biểu đồ trạng thái của sơ đồ mạch điều khiển tùy động theo thời gian có chu kỳ tự động trình bày ở hình 7.21a.

Các phần tử		Trạng thái		Thời gian						
Kí hiệu	Tên gọi	Chuyển động, chức năng	Vị trí	Bước thực hiện						
				1	2	3	4	5	6	7
1.0	Xilanh tác dụng 2 chiều	Pittông đi ra Pittông lùi vào	+							
1.4	Van đảo chiều 5/2		a b							
1.3	Phần tử thời gian		a b							
1.2	Phần tử thời gian		a b							
1.1	Nút ấn có rãnh định vị 3/2		a b							

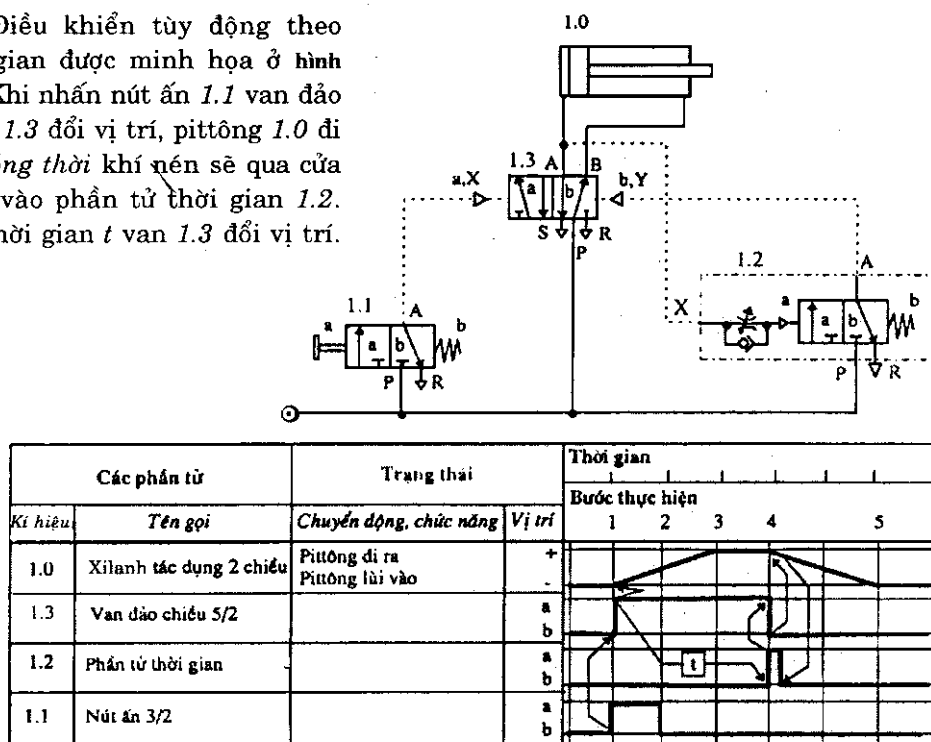
Hình 7.21 a Biểu đồ trạng thái của sơ đồ mạch điều khiển tùy động theo thời gian có chu kỳ tự động.

– Điều khiển vận tốc bằng van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng cỡ chặn trình bày ở hình 7.22.

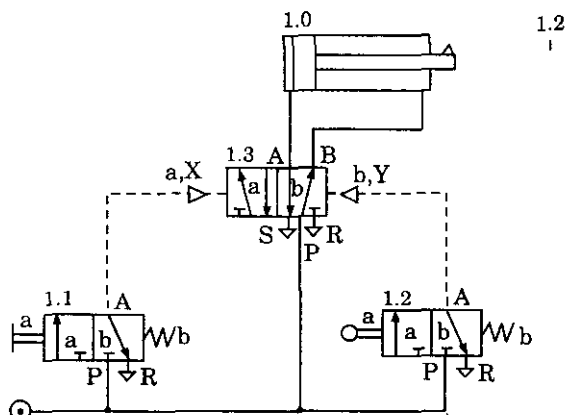


2. Điều khiển tùy động theo thời gian

Điều khiển tùy động theo thời gian được minh họa ở hình 7.20. Khi nhấn nút ấn 1.1 van đảo chiều 1.3 đổi vị trí, pittông 1.0 đi ra, đồng thời khí nén sẽ qua cửa X để vào phần tử thời gian 1.2. Sau thời gian t van 1.3 đổi vị trí.



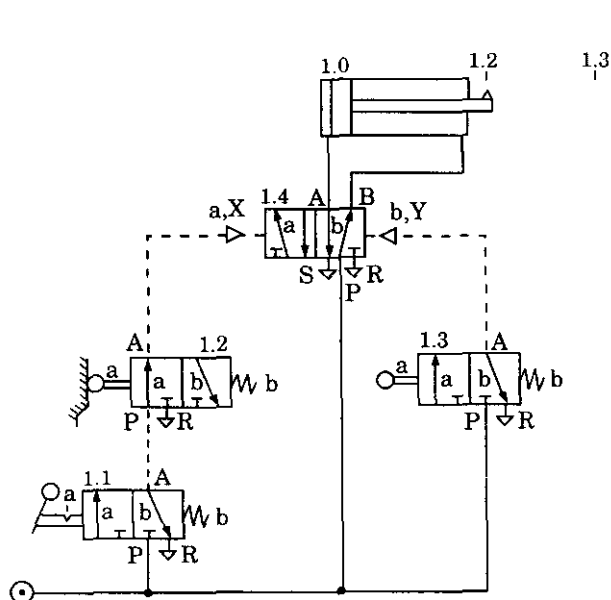
Hình 7.20 Điều khiển tùy động theo thời gian



Hình 7.24 Điều khiển tùy động theo hành trình với một xilanh

Các phần tử		Trạng thái		Thời gian				
Kí hiệu	Tên gọi	Chuyển động, chức năng	Vị trí	Bước thực hiện				
				1	2	3	4	5
1.0	Xilanh tác dụng 2 chiều	Pittông đi ra Pittông lùi vào	+					
1.3	Van đảo chiều 5/2		a					
			b					
1.2	Công tắc hành trình (3/2)		a					
			b					
1.1	Nút ấn (3/2)		a					
			b					

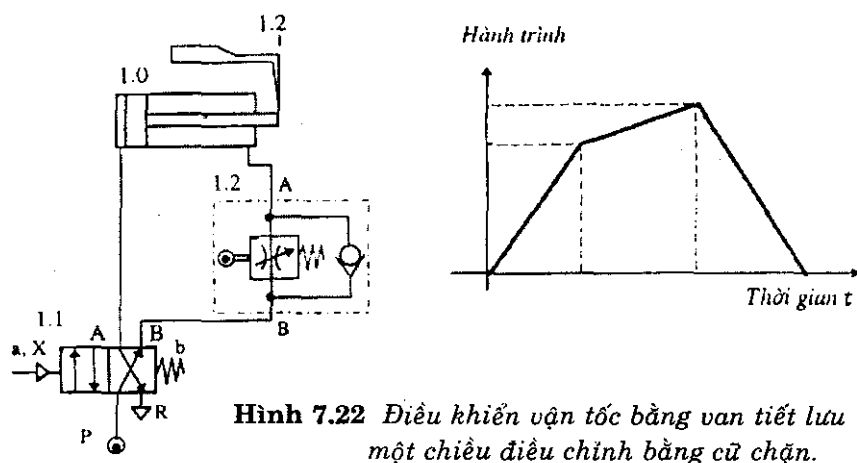
– Điều khiển tùy động theo hành trình với một xilanh có chu kì tự động trình bày ở hình 7.25.



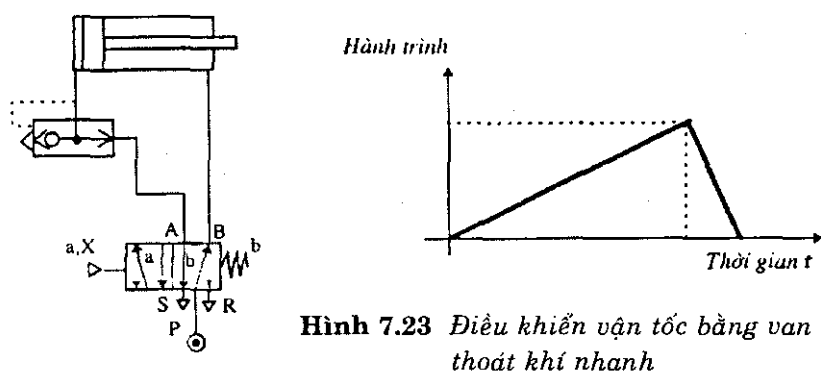
Mạch điều khiển thực hiện tự động nhờ sử dụng nút ấn có rãnh định vị 1.1, chừng nào nút ấn 1.1 ở vị trí a. Khi nút ấn 1.1 ở vị trí b thì mạch sẽ ngừng hoạt động.

Hình 7.25 Điều khiển tùy động theo hành trình một xilanh có chu kì tự động

Biểu đồ trạng thái của mạch điều khiển tùy động theo hành trình với một xilanh có chu kì tự động trình bày ở hình 7.25a.



– Điều khiển vận tốc bằng van thoát khí nhanh trình bày ở hình 7.23.

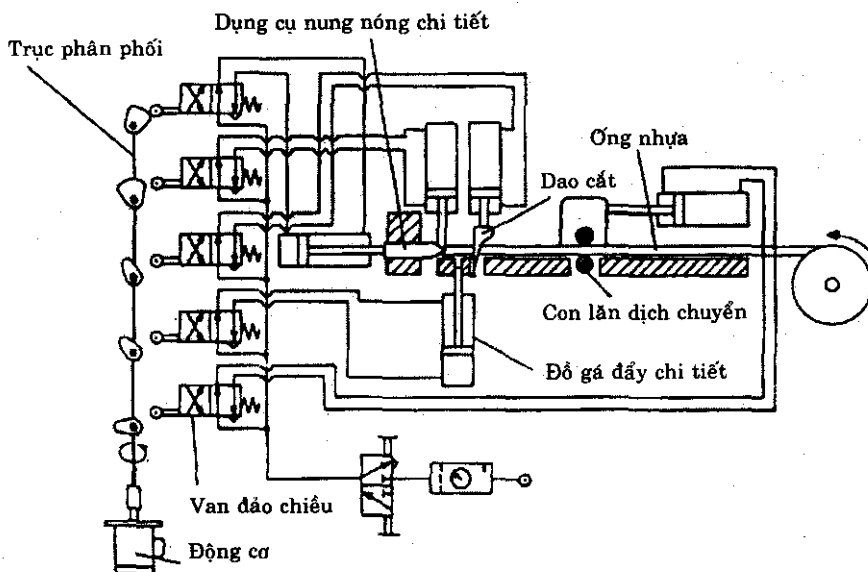


3. Điều khiển tùy động theo hành trình

Cơ sở điều khiển tùy động theo hành trình là vị trí của các công tắc hành trình. Khi một bước thực hiện trong mạch điều khiển có lỗi, thì mạch điều khiển sẽ đứng yên.

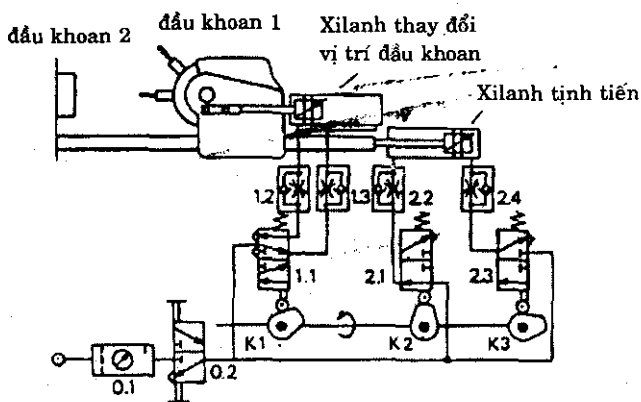
– Điều khiển tùy động theo hành trình một xilanh trình bày ở hình 7.24.

Ví dụ : điều khiển theo chương trình bằng cơ cấu chuyển mạch cho máy ép nhựa chuyên dùng biểu diễn ở hình 7.27.



Hình 7.27 Điều khiển theo chương trình bằng trục phân phối của máy chuyên dùng

Hình 7.28 là ví dụ điều khiển theo chương trình bằng cơ cấu chuyển mạch của máy tiện tự động.



Hình 7.28 Điều khiển theo chương trình bằng trục phân phối của máy tiện tự động

5. Điều khiển theo tầng

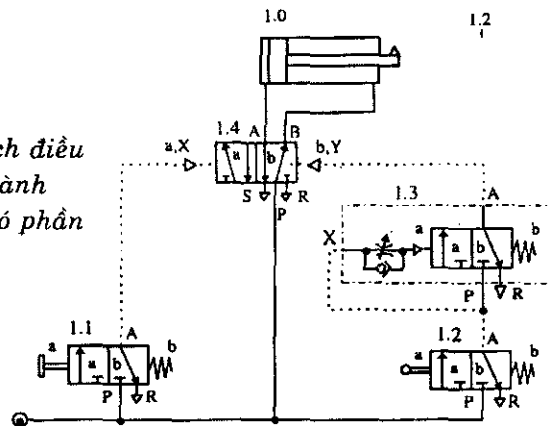
Nguyên tắc thiết kế mạch điều khiển theo tầng là chia các bước thực hiện có cùng chức năng thành từng tầng riêng. Phần tử cơ bản của điều khiển theo tầng là phần tử nhớ – van đảo chiều 4/2 hoặc 5/2. Điều khiển theo tầng là bước hoàn thiện của điều khiển tùy động theo hành trình.

Các phần tử		Trạng thái		Thời gian						
				Bước thực hiện						
Kí hiệu	Tên gọi	Chuyển động, chức năng	Vị trí	1	2	3	4	5	6	7
1.0	Xilanh tác dụng 2 chiều	Pittông đi ra Pittông lùi vào	+ -							
1.4	Van đảo chiều 5/2		a b							
1.3	Công tắc hành trình 3/2		a b							
1.2	Công tắc hành trình 3/2		a b							
1.1	Nút ấn có rãnh định vị 3/2		a b							

Hình 7.25 a Biểu đồ trạng thái của mạch điều khiển tùy động theo hành trình với một xilanh có chu kỳ tự động

– Điều khiển tùy động theo hành trình với một xilanh có phần tử thời gian giới hạn thời gian dừng của pittông ở cuối hành trình biểu diễn ở hình 7.26.

Hình 7.26 Sơ đồ mạch điều khiển tùy động theo hành trình với một xilanh có phần tử thời gian



Các phần tử		Trạng thái		Thời gian				
				Bước thực hiện				
Kí hiệu	Tên gọi	Chuyển động, chức năng	Vị trí	1	2	3	4	5
1.0	Xilanh tác dụng 2 chiều	Pittông đi ra Pittông lùi vào	+					
1.4	Van đảo chiều 5/2		a b					
1.3	Phần tử thời gian		a b					
1.2	Công tắc hành trình 3/2		a b					
1.1	Nút ấn 3/2		a b					

4. Điều khiển theo chương trình bằng cơ cấu chuyển mạch

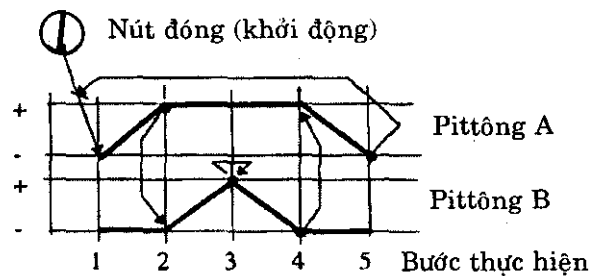
Điều khiển theo chương trình bằng cơ cấu chuyển mạch có đặc điểm là chương trình được thực hiện bởi các loại cam lắp trên trục phân phối. Khi trục phân phối quay, các cam sẽ quay theo. Vị trí (độ nâng của cam) tác động lên nòng van, để thay đổi vị trí của các van đảo chiều.

Chiều dài trục phân phối theo lý thuyết có thể dài bất kì, số vòng quay trục phân phối từ 0,5 vòng/phút – 75 vòng/phút. Bước thực hiện có thể lên 20.

Ví dụ ứng dụng

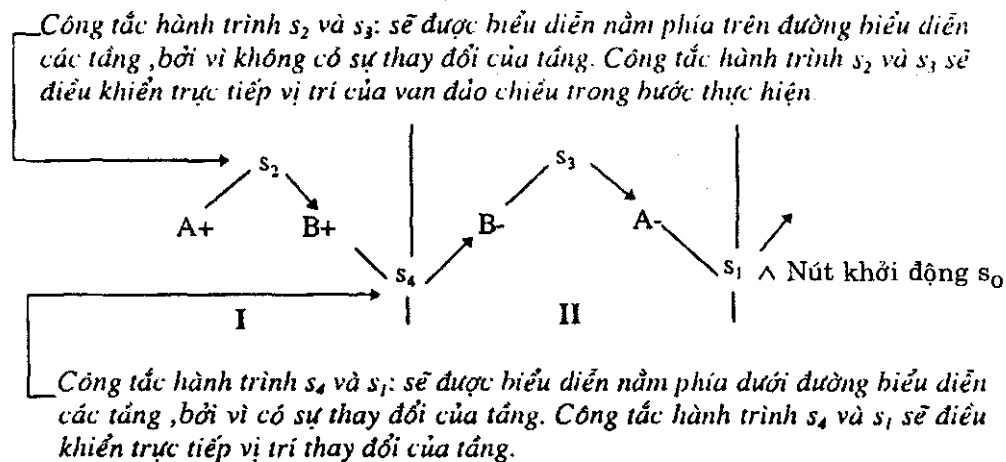
Ví dụ 1 : ví dụ ứng dụng xem mục I-2-b, chương VII :

Biểu đồ trạng thái được biểu diễn ở hình 7.30.



Hình 7.30 Biểu đồ trạng thái của 2 xilanh

Theo biểu đồ trạng thái, ta biểu diễn được cách chia tầng ở hình 7.31. Ta có 2 tầng: tầng thên nhất I gồm A+ và B+. Tầng II gồm có : B- và A-. Điều kiện chia tầng là chữ cái không được xuất hiện nhiều lần trong tầng. Ví dụ B+ và B- không được phép trong cùng một tầng.

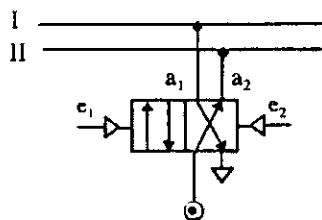


Hình 7.31 Cách chia tầng

Sơ đồ mạch điều khiển trình bày ở hình 7.32.

– Mạch điều khiển cho 2 tầng :

Nguyên tắc hoạt động là khi tầng thứ I có khí nén, thì tầng thứ II sẽ không có khí nén. Có nghĩa là khi $a_1 = L$, thì $a_2 = 0$. Không tồn tại là 2 tầng có khí nén cùng một lúc (hình 7.29a).

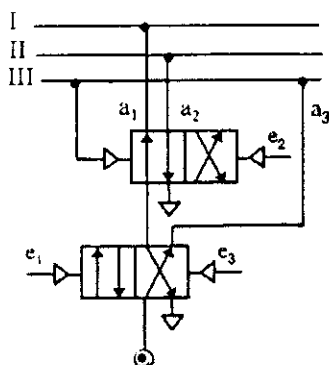


e_1, e_2 tín hiệu điều khiển vào
 a_1, a_2 tín hiệu điều khiển ra
 I tầng thứ nhất
 II tầng thứ 2

Hình 7.29 a Mạch điều khiển 2 tầng

– Mạch điều khiển cho 3 tầng :

Nguyên tắc hoạt động là khi tầng thứ I có khí nén, thì tầng thứ II và tầng thứ III sẽ không có khí nén. Có nghĩa là khi một tầng có khí nén, thì 2 tầng còn lại sẽ không có khí nén (hình 7.29b).

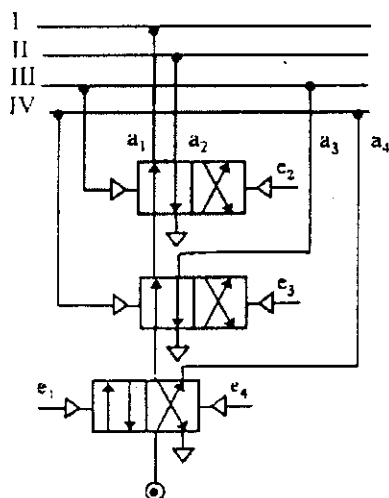


e_1, e_2, e_3 tín hiệu điều khiển vào
 a_1, a_2, a_3 tín hiệu điều khiển ra
 I tầng thứ nhất
 II tầng thứ 2
 III tầng thứ 3

Hình 7.29 b Mạch điều khiển 3 tầng

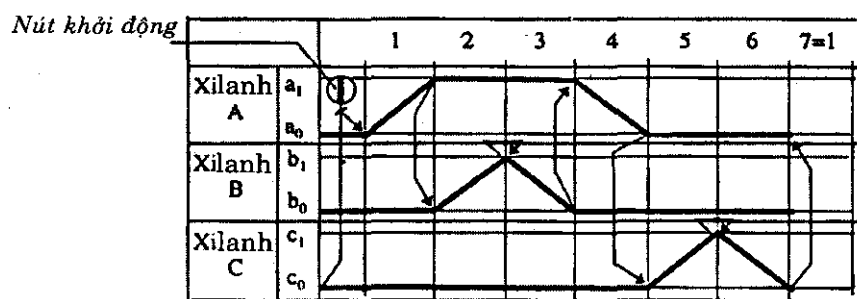
– Mạch điều khiển 4 tầng :

Nguyên lí hoạt động cũng tương tự như trình bày các tầng đã trình bày trên (hình 7.29c). Nếu số tầng thực hiện là n , thì số van đảo chiều cần thiết là $(n - 1)$.



e_1, e_2, e_3, e_4 tín hiệu điều khiển vào
 a_1, a_2, a_3, a_4 tín hiệu điều khiển ra
 I tầng thứ nhất
 II tầng thứ 2
 III tầng thứ 3
 IIII tầng thứ 4

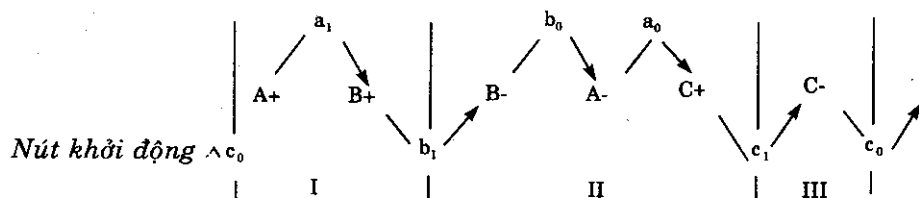
Hình 7.29 c Mạch điều khiển 4 tầng



Hình 7.34 Biểu đồ trạng thái

– Cách chia tầng biểu diễn ở hình 7.35.

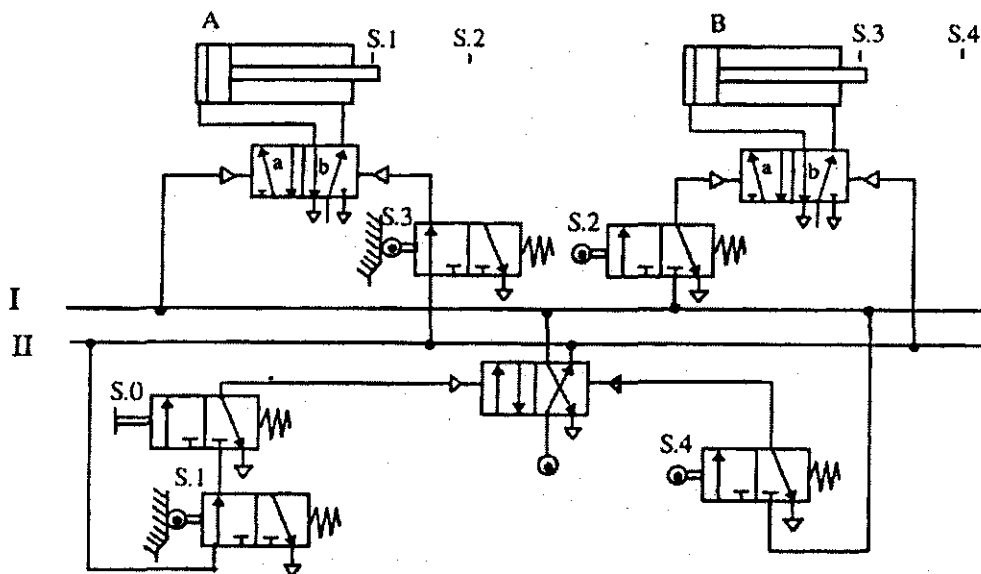
Công tắc hành trình a_1 , b_0 và a_0 sẽ được biểu diễn nằm phía trên đường biểu diễn các tầng, bởi vì không có sự thay đổi của tầng. Công tắc hành trình đó sẽ điều khiển trực tiếp vị trí của van đảo chiều trong bước thực hiện.



Công tắc hành trình b_1 , c_1 và c_0 sẽ được biểu diễn nằm phía dưới đường biểu diễn các tầng, bởi vì có sự thay đổi của tầng. Công tắc hành trình đó sẽ điều khiển trực tiếp vị trí thay đổi của tầng.

Hình 7.35 Cách chia tầng

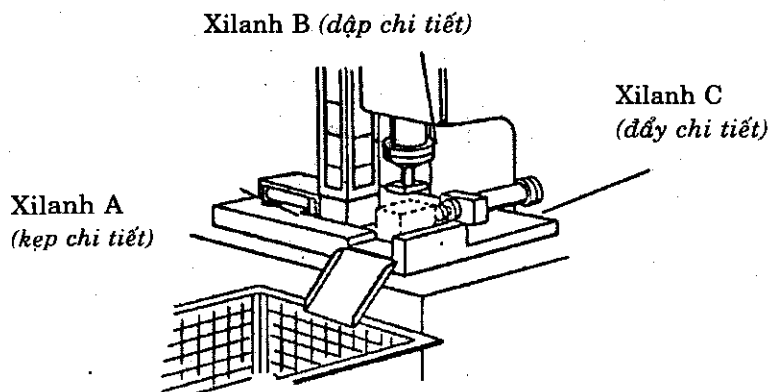
Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 7.36.



Hình 7.32 Sơ đồ mạch khí nén điều khiển theo tầng của thiết bị khoan.

Ví dụ 2 :

Quy trình thực hiện như sau : chi tiết từ thùng chứa sẽ được *xilanh A* đẩy vào và kẹp lại ở vị trí gia công. Sau khi kẹp xong, *xilanh B* sẽ đi xuống để dập chi tiết. Sau khi *xilanh B* lùi về, thì *xilanh A* sẽ lùi về (chi tiết được tháo ra). Sau đó *pittông C* sẽ đẩy chi tiết xuống thùng chứa. Sơ đồ nguyên lí làm việc được biểu diễn ở hình 7.33.

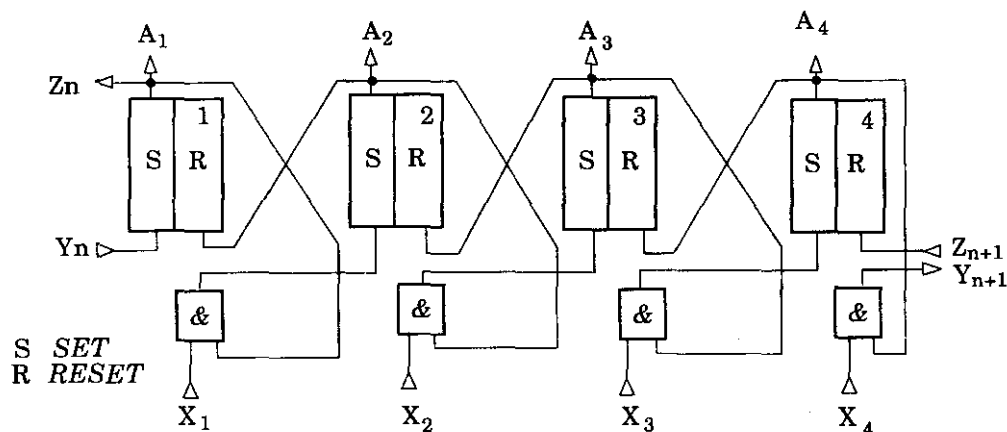


Hình 7.33 Quy trình công nghệ máy dập

- Biểu đồ trạng thái của quy trình trên biểu diễn ở hình 7.34.

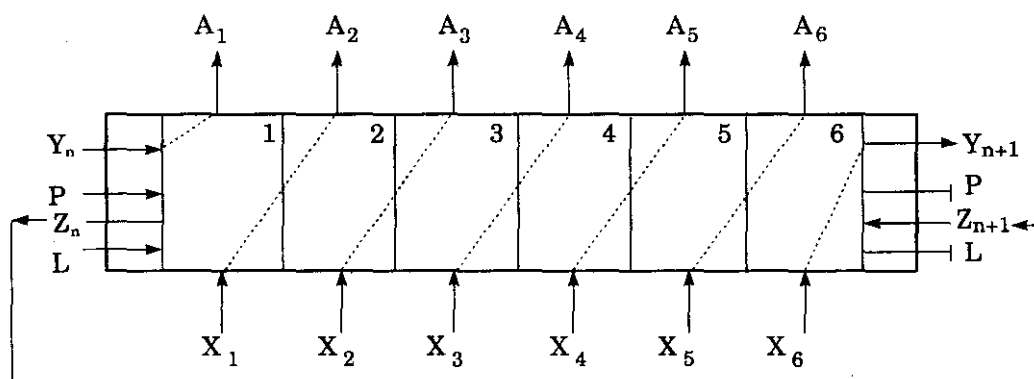
Tín hiệu vào Y_n tác động (ví dụ : tín hiệu khởi động), tín hiệu điều khiển A_1 có giá trị L. Đồng thời sẽ tác động vào nhíp trước đó Z_{n-1} để xóa lệnh thực hiện trước đó. Đồng thời sẽ chuẩn bị cho nhíp tiếp theo cùng với tín hiệu vào X_1 (hình 7.38). Như vậy khối của nhíp điều khiển gồm các chức năng sau :

- + Chuẩn bị cho nhịp tiếp theo
- + Xóa các lệnh của nhịp trước đó
- + Thực hiện lệnh của tín hiệu điều khiển.



Hình 7.38 Mạch logic của chuỗi điều khiển nhíp theo DIN 40 700

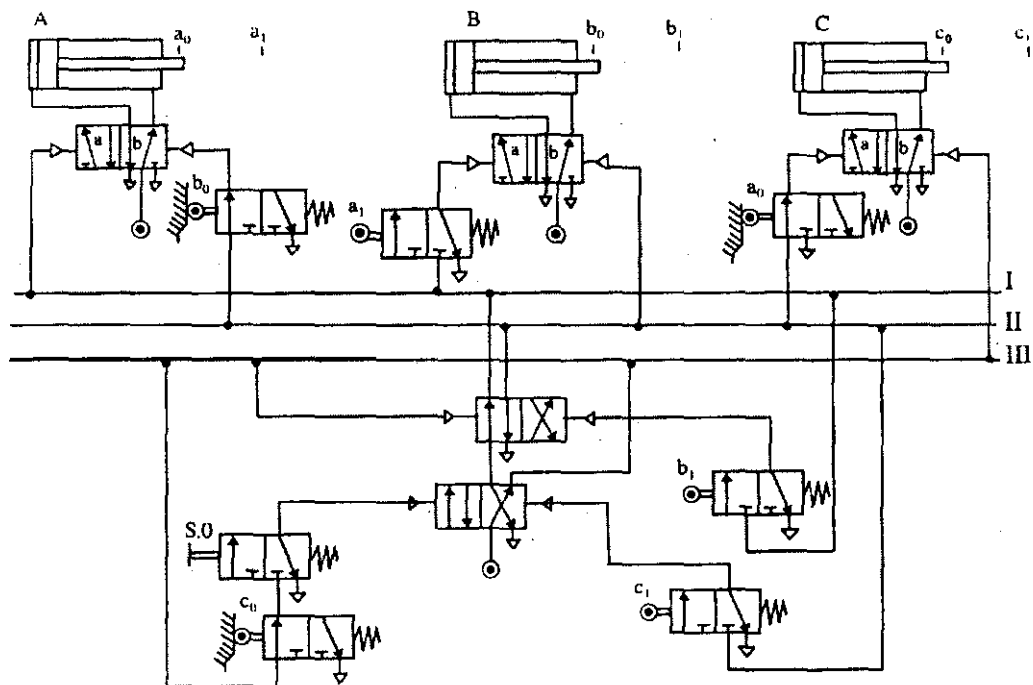
Biểu diễn đơn giản chuỗi điều khiển theo nhịp được trình bày ở hình 7.39. Nhịp thứ nhất Z_n sẽ được xóa bằng nhịp cuối cùng Z_{n+1} .



Hình 7.39 Biểu diễn đơn giản chuỗi điều khiển theo nhịp

Trong thực tế có 3 loại khối điều khiển theo nhịp :

– Loại kí hiệu A (hình 7.40) : khi cổng Y_n có giá trị L, van đảo chiều (phần tử nhỏ) đổi vị trí :



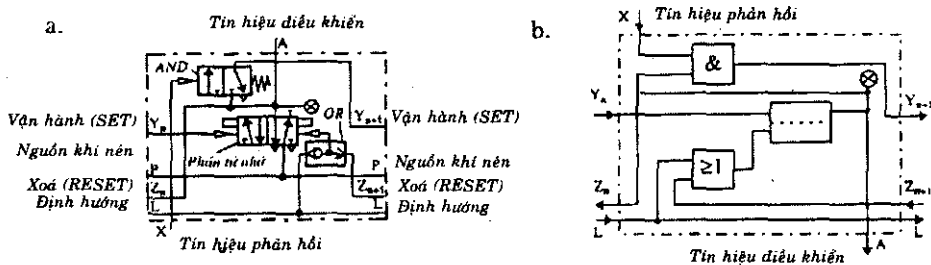
Hình 7.36 Sơ đồ mạch khí nén

6. Điều khiển theo nhịp

Các phương pháp điều khiển trình bày các phần trước có một đặc điểm là, khi thay đổi quy trình công nghệ hay yêu cầu đề ra, đòi hỏi phải thiết kế lại mạch điều khiển. Như vậy mất nhiều công sức và thời gian. *Phương pháp điều khiển theo nhịp* khắc phục được những nhược điểm trên.

a) Cấu tạo khối của nhịp điều khiển

– Cấu tạo khối của nhịp điều khiển gồm có 3 *phần tử* (hình 7.37) là : *phần tử AND*, *phần tử nhớ* và *phần tử OR*.



Hình 7.37 Cấu tạo khối của nhịp điều khiển

a -Kí hiệu theo DIN/ISO 1219

b -Kí hiệu theo DIN 40 700

– Nguyên tắc thực hiện của điều khiển theo nhịp là : các bước thực hiện lệnh xảy

b) Ví dụ ứng dụng

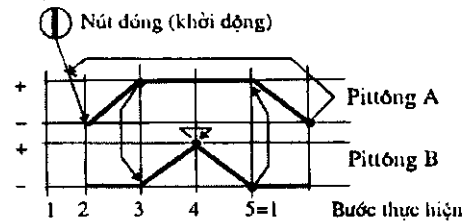
Ví dụ 1 :

Ví dụ xem mục I-2-b, chương VII :

- Biểu đồ trạng thái được biểu diễn ở hình 7.44.

- Từ biểu đồ trạng thái ta lập quy trình thực hiện cho các nhịp (hình 7.45).

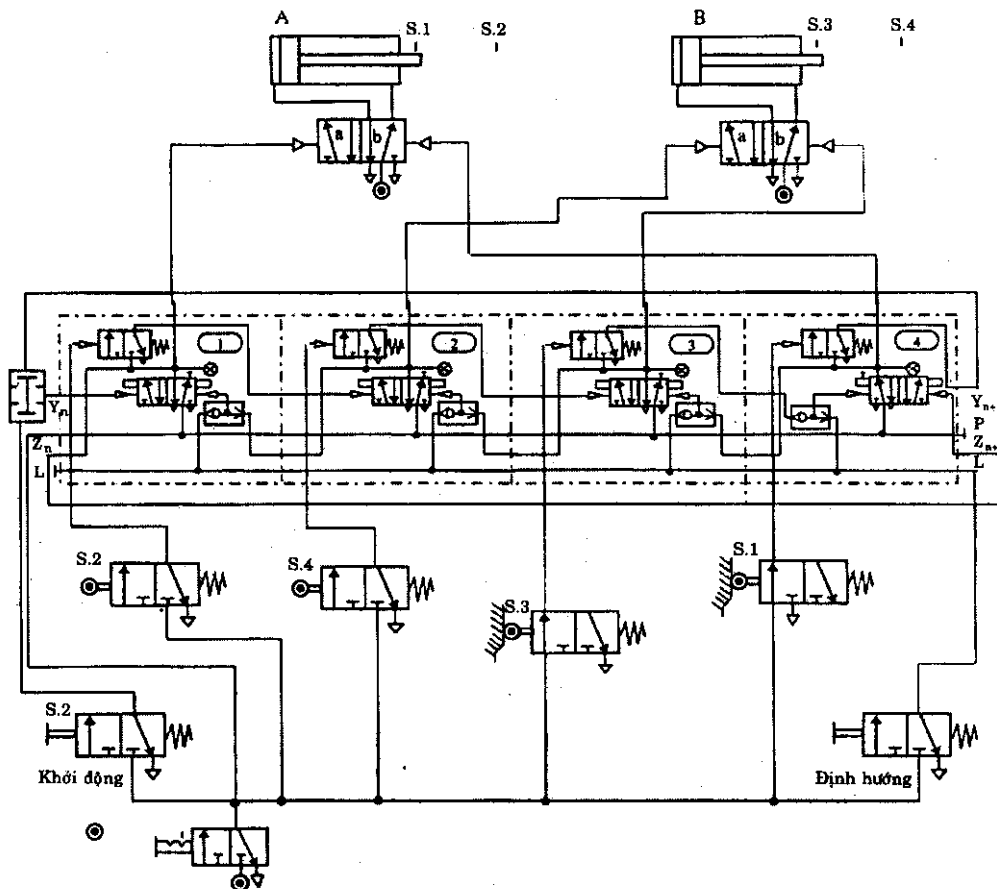
- Theo quy trình thực hiện các nhịp, ta thiết kế được mạch điều khiển như ở hình 7.46.



Hình 7.44 Biểu đồ trạng thái

Nhịp thực hiện	1	2	3	4
Pittông	A+	B+	B-	A-
Vị trí hành trình	S ₂	S ₄	S ₃	S ₁

Hình 7.45 Quy trình thực hiện

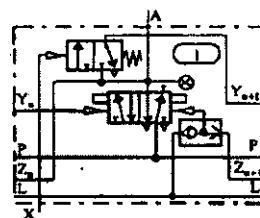


Hình 7.46 Mạch điều khiển khí nén

Ví dụ 2 :

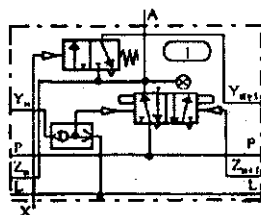
Quy trình gia công chi tiết được biểu diễn ở hình 7.47.

- + Tín hiệu ở cổng A có giá trị L.
- + Chuẩn bị cho nhịp tiếp theo bằng phần tử AND của tín hiệu X.
- + Đèn tín hiệu sáng.
- + Phần tử nhớ của nhịp trước đó trở về vị trí RESET.



Hình 7.40 Khối kiểu A

- Loại kí hiệu B : Loại này thường đặt ở vị trí cuối cùng trong chuỗi điều khiển theo nhịp. Ngược lại với kiểu A, kiểu B phần tử OR nối với cổng Y_n (hình 7.41). Khi cổng L có khí nén, thì toàn bộ các khối của chuỗi điều khiển (trừ khối cuối cùng) sẽ trở về vị trí ban đầu. Như vậy khối kiểu B có chức năng như là điều kiện để chuẩn bị khởi động của mạch điều khiển. Khối kiểu B cũng có chức năng tương tự như khối kiểu A. Đó là : khi cổng Y_n có giá trị L, van đảo chiều (phần tử nhớ) đổi vị trí :

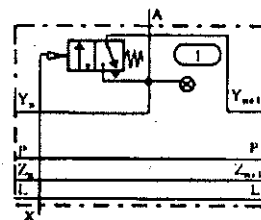


Hình 7.41 Khối kiểu B

- + Tín hiệu ở cổng A có giá trị L.
- + Chuẩn bị cho nhịp tiếp theo bằng phần tử AND của tín hiệu ở cổng X.
- + Đèn tín hiệu sáng.

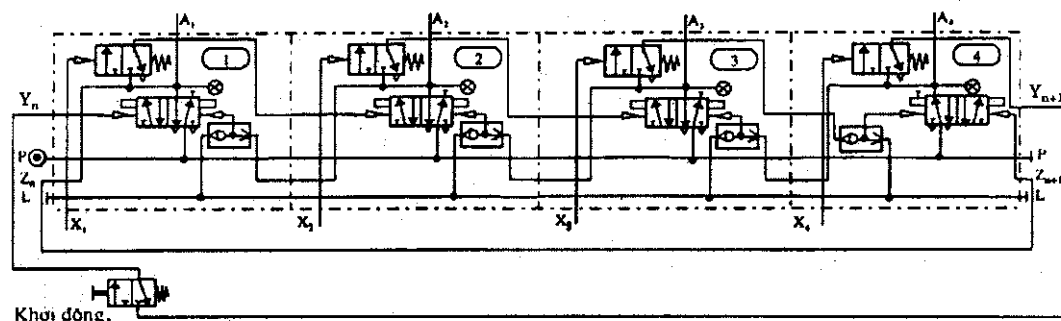
+ Phần tử nhớ của nhịp trước đó trở về vị trí RESET.

- Loại kí hiệu C : loại kí hiệu C không có phần tử nhớ và phần tử OR. Như vậy loại C có chức năng là trong nhịp điều khiển tiếp theo, khi tín hiệu ở cổng X của nhịp trước đó vẫn còn giá trị L, thì đèn tín hiệu vẫn còn sáng ở nhịp tiếp theo (hình 7.42).

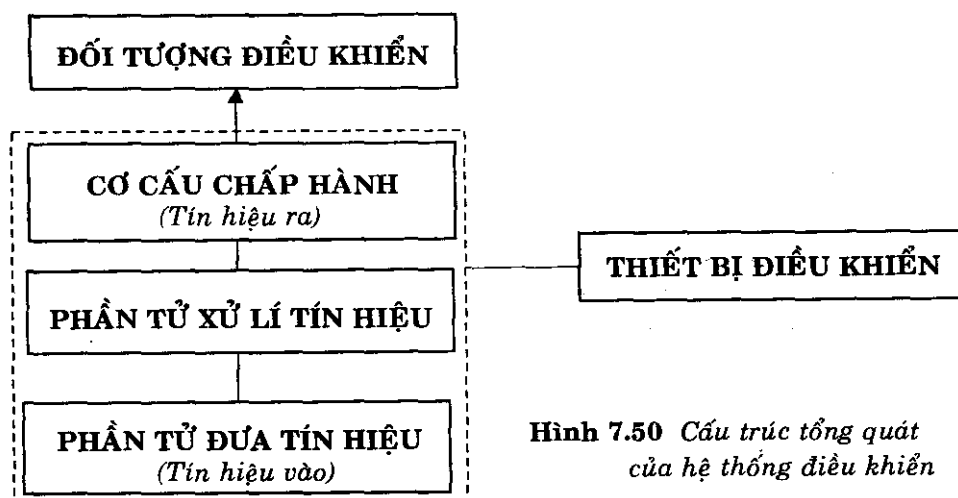


Hình 7.42 Khối kiểu C

Chuỗi điều khiển theo nhịp với 4 khối : 3 khối kiểu A và 1 khối kiểu B biểu diễn ở hình 7.43.

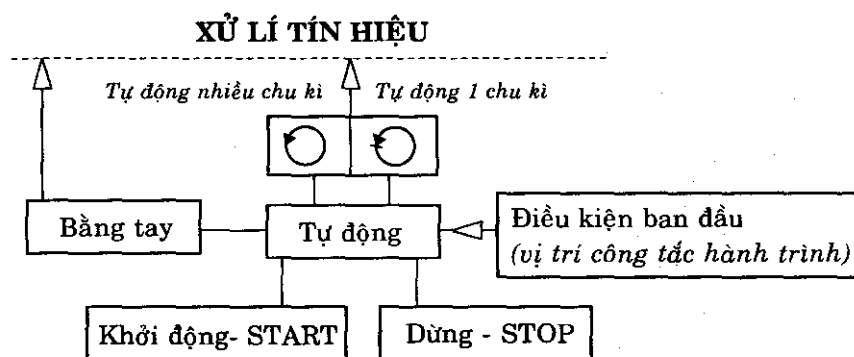


Hình 7.43 Chuỗi điều khiển theo nhịp gồm : 3 khối kiểu A và 1 khối kiểu B



Hình 7.50 Cấu trúc tổng quát của hệ thống điều khiển

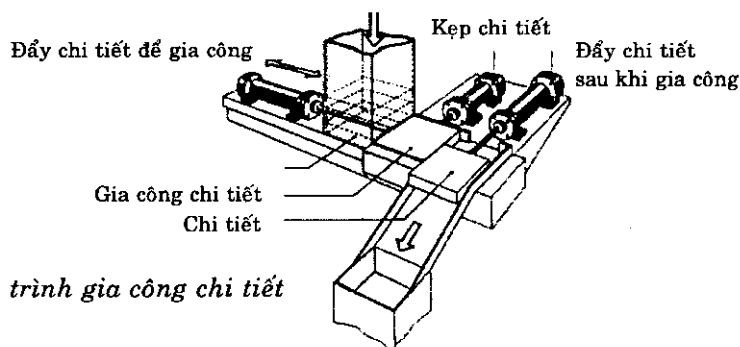
Trong lĩnh vực khí nén, tín hiệu vào là áp suất, thông thường $p = 6,3 \text{ bar}$ hoặc là đối với áp suất thấp (chân không) $p = 0,15 \text{ bar}$. Chọn chế độ làm việc khi đưa tín hiệu vào được biểu diễn ở hình 7.51.



Hình 7.51 Chọn chế độ làm việc

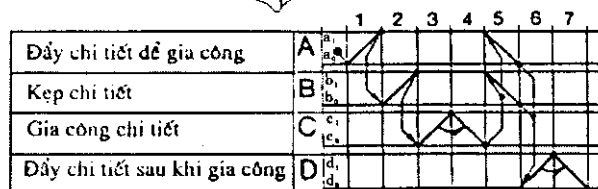
Các chế độ làm việc theo tiêu chuẩn VDI – 3260 :

- Đóng, ngắt : bằng công tắc chính để đóng, mở hệ thống phân phối khí nén.
- Khởi động : bằng nút khởi động START.
- Chọn chế độ làm việc : bằng công tắc chọn chế độ làm việc : bằng tay hoặc tự động.
- Chế độ tự động : một chu kỳ và nhiều chu kỳ.
- Chế độ tự động một chu kỳ : sau khi khởi động, chương trình thực hiện 1 lần và dừng lại.
- Chế độ tự động nhiều chu kỳ : sau khi khởi động, chương trình thực hiện liên tục nhiều lần, cho đến khi có tín hiệu dừng, thì chương trình dừng lại.
- Chế độ dừng : bằng nút ấn dừng, chế độ tự động sẽ trở về vị trí ban đầu.



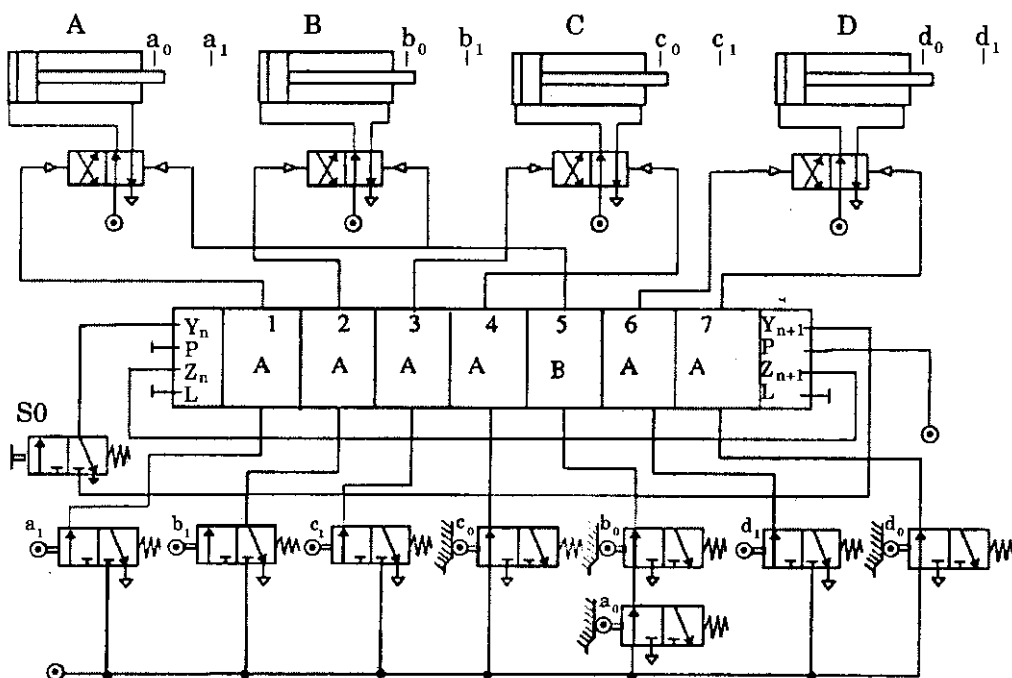
Hình 7.47 Quy trình gia công chi tiết

Biểu đồ trạng thái và quy trình thực hiện các nhịp trình bày trên hình 7.48.



Hình 7.48 Biểu đồ trạng thái và quy trình thực hiện nhịp

Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 7.49.



Hình 7.49 Chuỗi điều khiển theo nhịp gồm : 6 khối kiểu A và 1 khối kiểu B

c) Chọn chế độ làm việc

Cấu trúc tổng quát của hệ thống điều khiển được biểu diễn ở hình 7.50.

– Vị trí ban đầu của thiết bị.

Từ những yêu cầu trên, ta biểu diễn được sơ đồ mạch chọn chế độ làm việc như ở hình 7.52. Theo sơ đồ là biểu diễn vị trí chọn chế độ làm việc bằng tay. Qua đó ta có thể thực hiện được chế độ định hướng và những tín hiệu cho công việc phụ.

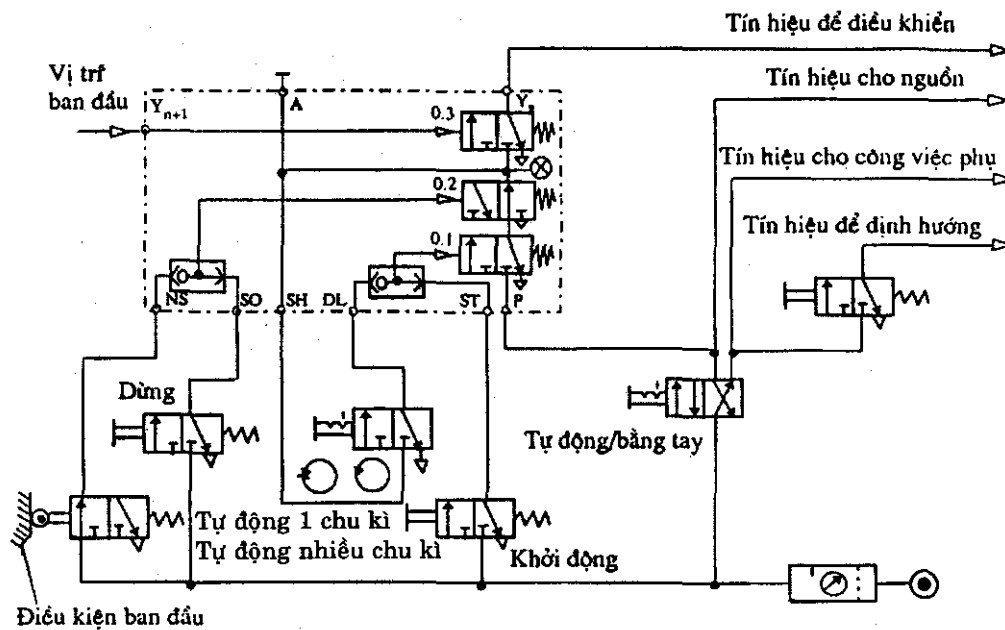
Khi chuyển sang chế độ tự động, cổng P (nguồn khí nén) sẽ có khí nén. Khi nút khởi động thực hiện, van đảo chiều 0.1 đổi vị trí. Nếu vị trí ban đầu của thiết bị có giá trị L, van đảo chiều 0.3 đổi vị trí và như vậy cổng Y_n có giá trị L.

Nếu như chọn chế độ tự động một chu kì, cổng ra Y_n có giá trị L chỉ trong thời gian nhấn nút khởi động.

Nếu như chọn chế độ tự động nhiều chu kì, sau khi nhấn nút khởi động, van 0.1 đổi vị trí và được duy trì qua van OR.

Trong trường hợp điều kiện ban đầu không có, van đảo chiều 0.2 đổi vị trí và như vậy cổng Y_n có giá trị 0. Hệ thống điều khiển bị ngắt.

Ví dụ 2 : mở rộng khả năng của cụm điều khiển chọn chế độ làm việc



Hình 7.52 Sơ đồ mạch chọn chế độ làm việc

Ngoài những chức năng được trình bày ở ví dụ trước, khả năng mở rộng của cụm điều khiển gồm : công tắc ngắt khi nguy hiểm và khi khí nén trong hệ thống bị mất đi, muốn cho hệ thống tự động vận hành lại thì nhất thiết là phải nhấn nút khởi động lại.

Mở rộng khả năng của cụm điều khiển chọn chế độ làm việc theo sơ đồ mạch trên hình 7.53. Theo sơ đồ, tín hiệu cho nguồn P được nối với công tắc ngắt khi nguy hiểm qua van chọn chế độ làm việc.

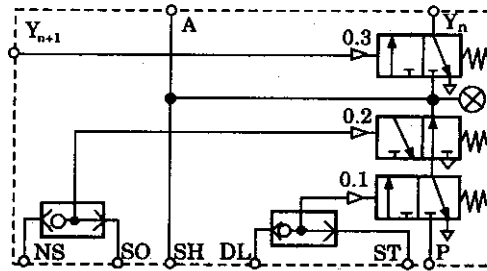
Khi tác động vào công tắc ngắt khi nguy hiểm, toàn bộ cụm điều khiển sẽ mất khí nén.

– *Chế độ định hướng* : bằng nút ấn, thì ở một vị trí bất kì, chương trình quay trở về vị trí ban đầu.

– *Điều kiện ban đầu* : các công tắc hành trình, sự hiện diện của chi tiết ở dây chuyền...

– *Công tắc ngắt khi nguy hiểm*.

Trong thực tế người ta chế tạo thành khối để điều khiển cách chọn chế độ làm việc, xem hình 7.51a. Chức năng của khối điều khiển như sau :



Hình 7.51a Khối điều khiển chọn chế độ làm việc (hãng Festo)

P	Nguồn khí nén
ST	Cổng vào cho nút khởi động
DL	Cổng vào cho chế độ tự động
SH	Cổng ra cho tín hiệu tự duy trì cho quá trình tự động nhiều chu kì.
SO	Cổng vào cho chế độ dừng
NS	Cổng vào cho điều kiện ban đầu
Y_{n+1}	Cổng vào cho vị trí ban đầu của thiết bị
Y_n	Cổng ra cho tín hiệu điều khiển
A	Cổng ra cho tín hiệu trung gian.

Ví dụ 1 : chọn chế độ làm việc bao gồm :

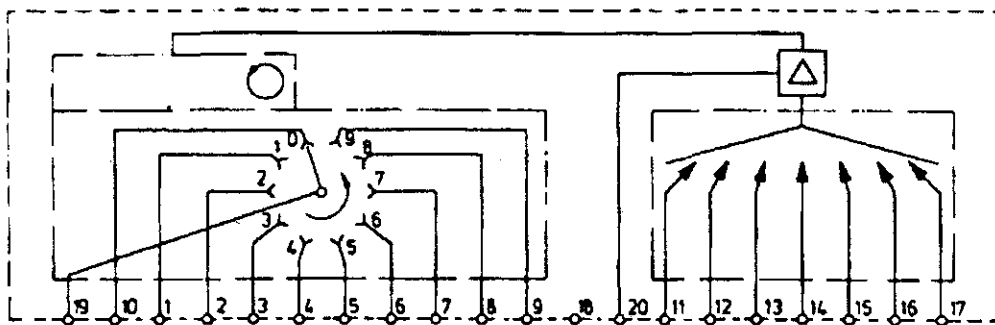
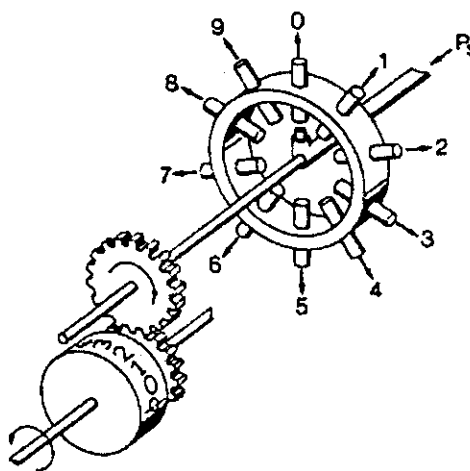
- *Khởi động* : bằng nút khởi động START – Tín hiệu tự duy trì.
- *Chế độ làm việc* : bằng công tắc chọn chế độ làm việc : bằng tay hoặc tự động.
- *Chế độ tự động* : một chu kì và nhiều chu kì.
- *Chế độ tự động một chu kì* : sau khi khởi động, chương trình thực hiện 1 lần và dừng lại.
- *Chế độ tự động nhiều chu kì* : sau khi khởi động, chương trình thực hiện liên tục nhiều lần, cho đến khi có tín hiệu dừng, thì chương trình dừng lại.
- *Chế độ dừng* : bằng nút ấn dừng, chế độ tự động sẽ trở về vị trí ban đầu.
- *Chế độ định hướng* : bằng nút ấn, thì ở một vị trí bất kì, chương trình quay trở về vị trí ban đầu.
- *Điều kiện ban đầu* : các công tắc hành trình, sự hiện diện của chi tiết ở dây chuyền...

Nguyên tắc hoạt động trên người ta cũng gọi là *bộ đếm bằng cơ – khí nén*. Bởi vì cứ mỗi lần tín hiệu vào ở cổng kí hiệu từ 11 đến 17, qua cơ cấu khuếch đại sẽ quay trục rôto. Nguồn khí nén sẽ qua cổng 19 vào các cổng tương ứng của tín hiệu ra, kí hiệu từ 1 đến 9.

Khi các quy trình công nghệ nhiều hơn 10 bước thực hiện, người ta có thể mắc nối tiếp để mở rộng khả năng trên. Hoặc khi các quy trình công nghệ nhỏ hơn 10 bước thực hiện, người ta có thể nối trực tiếp cổng ra và cổng vào lại.

b.

a.

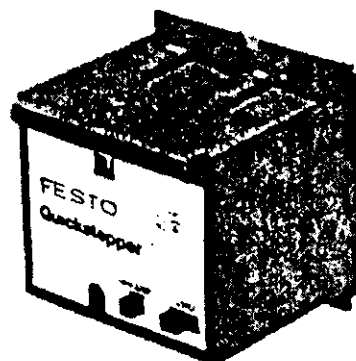


Hình 7.54 Nguyên lí hoạt động của bộ chọn theo bước

Trong thực tế, hãng FESTO đã sản xuất Modul điều khiển bằng bộ chọn theo bước với 12 bước thực hiện, modul đó gọi *Quickstepper* (hình 7.55).

Thông số kĩ thuật:

- Cổng cho tín hiệu vào 12
- Cổng cho tín hiệu ra 12
- Bước thực hiện 12
- Lưu lượng 70 lít/phút
- Áp suất 2,5 - 6,0 bar



Hình 7.55 Modul điều khiển bằng bộ chọn theo bước (*Quickstepper*) - hãng FESTO

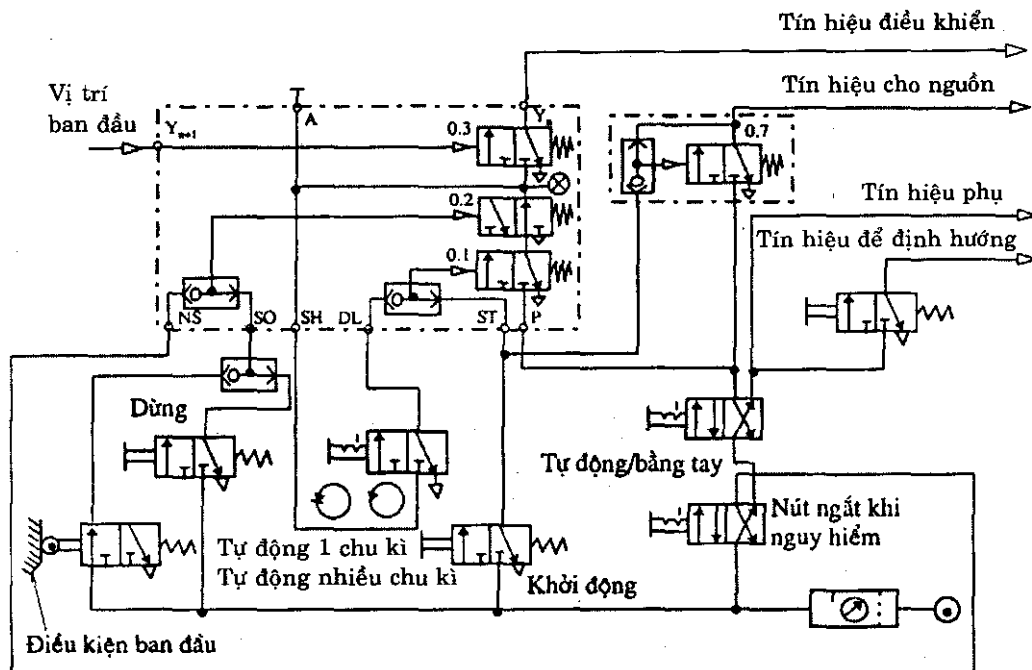
Cổng cho tín hiệu ra, kí hiệu từ cổng 1 đến 10.

Cổng cho tín hiệu vào, kí hiệu từ cổng 11 đến 17.

Khi tác động vào nút khởi động, *van đảo chiều 0.7* đổi vị trí và được duy trì qua van OR. Đồng thời *van 0.1* đổi vị trí và nếu vị trí ban đầu của thiết bị có giá trị L, *van đảo chiều 0.3* đổi vị trí và như vậy cổng Y_n có giá trị L.

Trong trường hợp nguồn khí nén trong hệ thống bị mất đột ngột hoặc là áp suất không đạt được giá trị cho phép, *van đảo chiều 0.7* sẽ đổi vị trí và nguồn khí nén sẽ mất. Trong lúc đó chu kì làm việc của hệ thống giữ nguyên vị trí. Khi nguồn khí nén có lại, hệ thống điều khiển không tự động hoạt động lại. Muốn cho hệ thống hoạt động lại, phải nhấn lại nút khởi động.

Khi công tắc ngắt khi nguy hiểm đóng và điều kiện ban đầu không có thì hệ thống cũng bị ngắt.



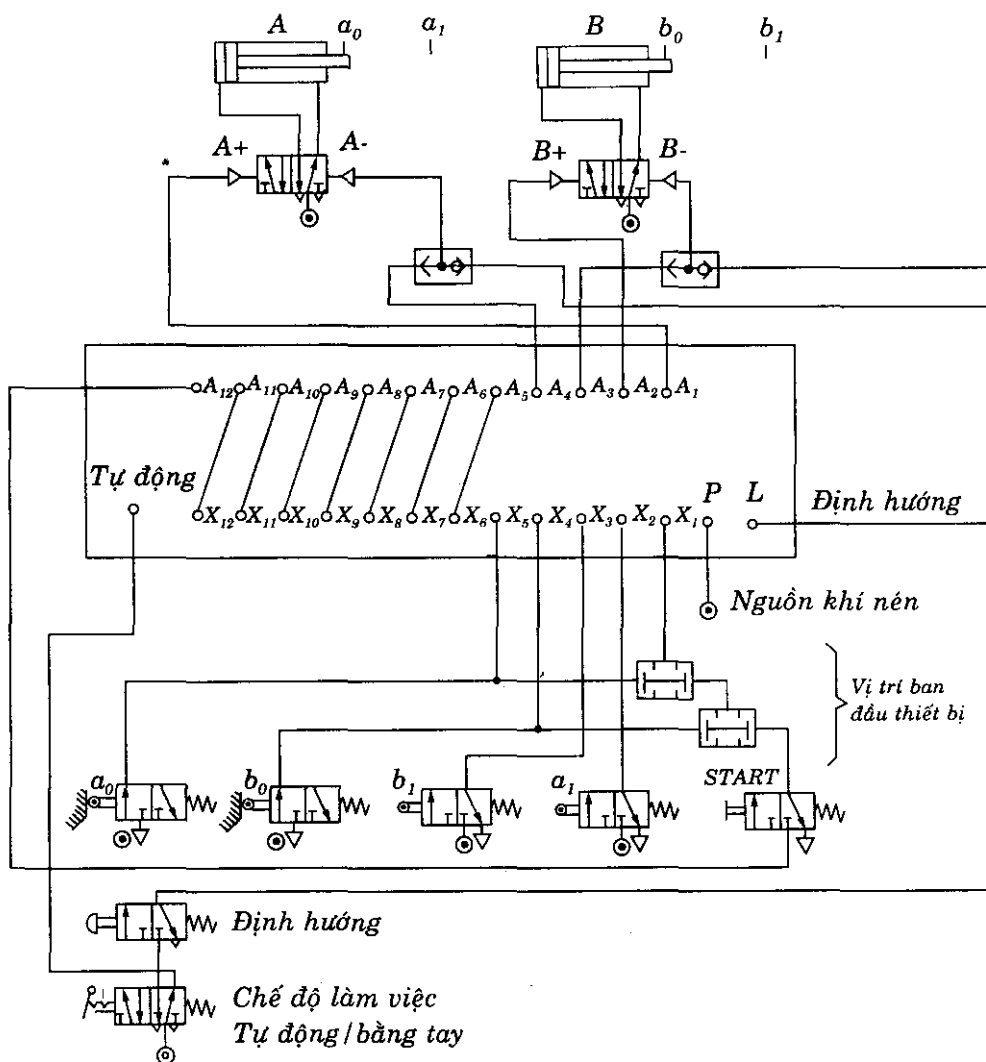
Hình 7.53 Sơ đồ mạch mở rộng khả năng cụm điều khiển chọn chế độ làm việc

7. Điều khiển bằng bộ chọn theo bước

a) Nguyên tắc điều khiển bằng bộ chọn theo bước

Nguyên tắc này cũng tương tự như điều khiển theo nhịp, nhưng khác ở chỗ là bước thực hiện tiếp theo sẽ được thực hiện bằng cơ học, khi bước thực hiện trước đó hoàn thành. Nguyên tắc điều khiển bộ chọn theo bước được minh họa ở hình 7.54.

Theo sơ đồ hình 7.54a có 10 bước thực hiện, kí hiệu 1 đến 10 – tương ứng 10 cổng cho tín hiệu ra. Mỗi lần bước thực hiện trước đó hoàn thành, thì trục sẽ quay. Như vậy khi nén sẽ qua cổng tương ứng còn những cổng khác sẽ không có khí nén. Để đảm nhận nhiệm vụ cho trục rôto quay là các tín hiệu vào (tín hiệu phản hồi) được kí hiệu từ 11 đến 17 từ vị trí của các công tắc cuối hành trình, qua cơ cấu khuếch đại. Cổng kí hiệu 19 và 20 cho cổng nối với nguồn.



Hình 7.57 Điều khiển 2 xilanh bằng bộ chọn theo bước

III. THIẾT KẾ MẠCH TỔNG HỢP ĐIỀU KHIỂN THEO NHỊP

Phương pháp điều khiển theo nhịp được ứng dụng rộng rãi trong kĩ thuật điều khiển bằng khí nén. Trong thực tế do những yêu cầu công nghệ khác nhau, mà mạch thiết kế sẽ khác nhau. Điển hình là các mạch sau :

- Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện nhảy cóc
- Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện lặp lại
- Mạch điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện đồng thời
- Mạch điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện tuần tự.

1. Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện nhảy cóc

Biểu đồ thực hiện nhịp được biểu diễn ở hình 7.58. Khi $k = 1$, tức là vị trí của van

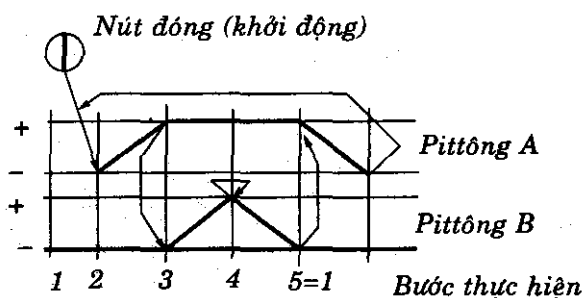
Cổng nối với nguồn, kí hiệu 19 và 20.

Cổng kí hiệu 18 là cổng cho định hướng bằng tay hoặc bằng khí nén.

Các yêu cầu trong quá trình điều khiển, như chọn chế độ làm việc : tự động hoặc bằng tay, tự động một chu kì hoặc nhiều chu kì được thực hiện tương tự như điều khiển theo tầng.

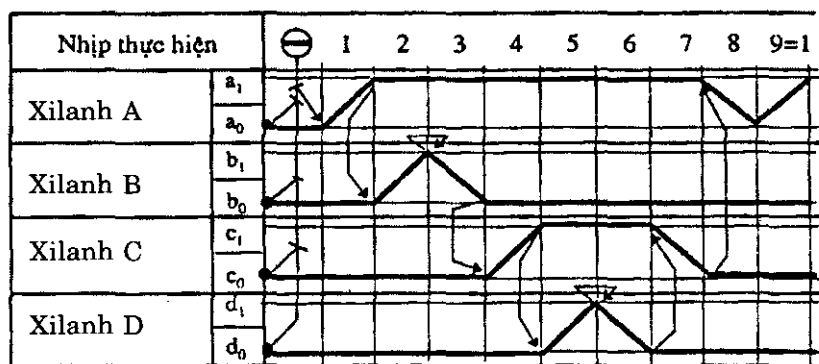
b) Ví dụ ứng dụng

Quy trình công nghệ hoạt động được biểu diễn bằng biểu đồ trạng thái ở hình 7.56



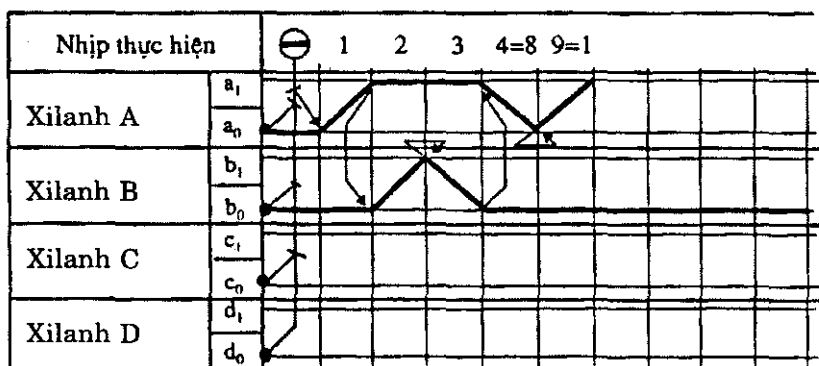
Hình 7.56 Biểu đồ trạng thái

Sơ đồ mạch điều khiển bằng bộ chọn theo bước được trình bày trên hình 7.57. Các bước không thực hiện ta có thể nối trực tiếp cổng vào với cổng ra.



Hình 7.60 Biểu đồ trạng thái của chương trình thứ nhất

- Khi $k = 0$, ta có biểu đồ trạng thái của chương trình thứ hai (hình 7.61)



Hình 7.61 Biểu đồ trạng thái của chương trình thứ hai

2. Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện lặp lại

a) Nguyên lí hoạt động

Biểu đồ thực hiện nhịp được biểu diễn ở hình 7.62. Khi $k = 1$, tức là vị trí của van đảo chiều có định vị ở vị trí bên trái, các bước thực hiện sẽ lần lượt từ *bước thứ nhất* đến *bước thứ 7*. Khi $k = 0$, tức là khi vị trí của van đảo chiều có định vị ở vị trí bên phải, các bước thực hiện sẽ lần lượt từ *bước thứ nhất* đến *bước thứ 7*. Sau đó sẽ lặp lại từ *bước thứ 3* đến *bước thứ 6*.

Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện lặp lại biểu diễn ở hình 7.63.

Nhịp	Trạng thái pittông
1	B+
2	A-
3	C+
4	D+
5	D-
6	C-
7	B- A+

Lặp lại nhịp 3-4-5-6, khi $k = 0$

Hình 7.62 Biểu đồ thực hiện chu kì lặp lại

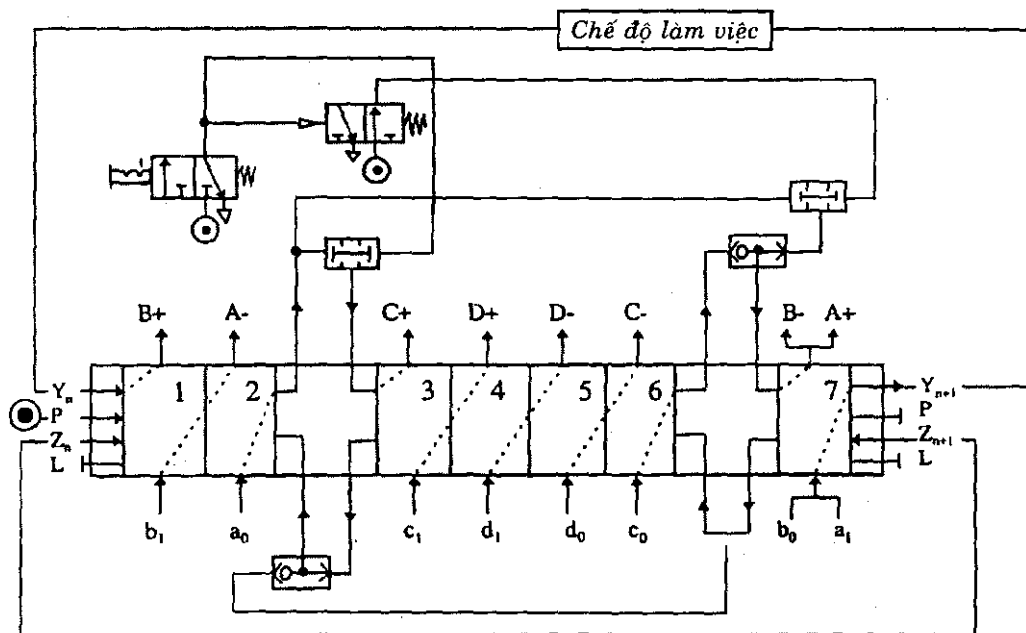
đảo chiều có định vị ở vị trí bên trái, các bước thực hiện sẽ lần lượt từ bước thứ nhất đến bước thứ 7. Khi $k = 0$, tức là khi vị trí của van đảo chiều có định vị ở vị trí bên phải, các bước thực hiện sẽ lần lượt từ bước thứ nhất, bước thứ 2 và nhảy qua đến bước 7.

Nhịp	Trạng thái pittông
1	B+
2	A-
3	C+
4	D+
5	D-
6	C-
7	B-A+

Thực hiện nhảy cóc khi $k = 0$

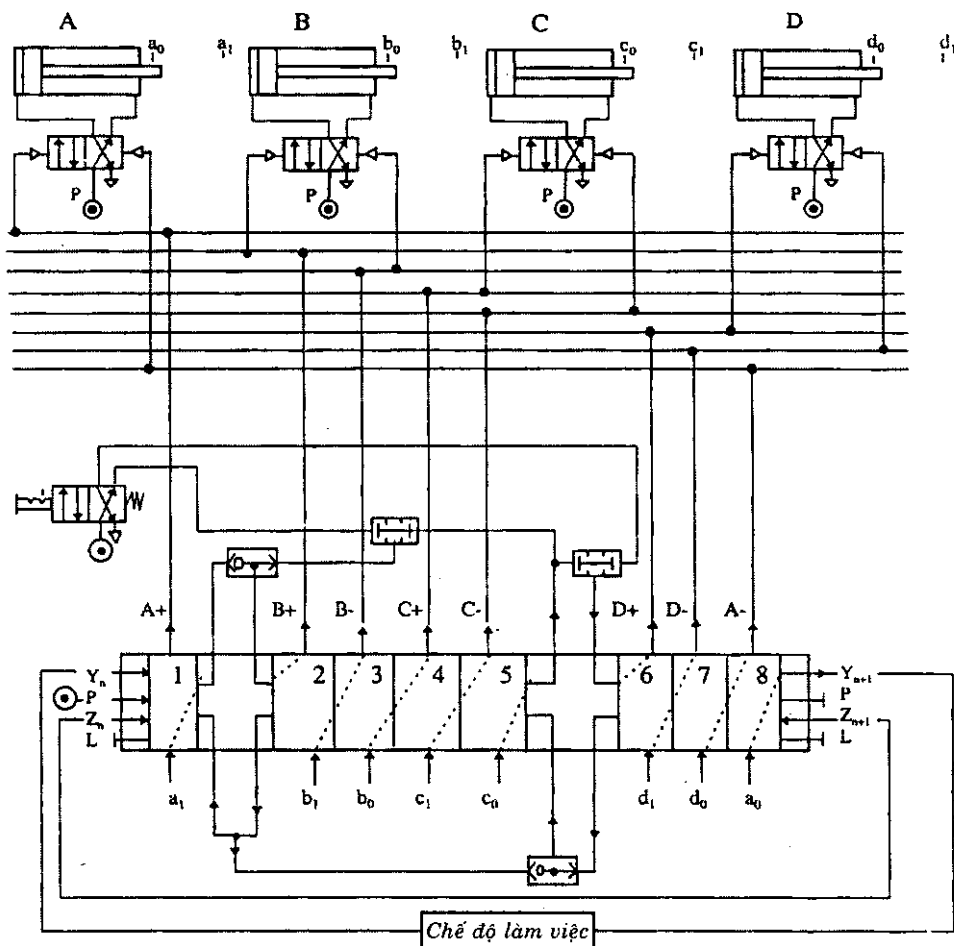
Hình 7.58 Biểu đồ thực hiện chu kỳ nhảy cóc.

Mạch điều khiển theo nhịp với chu kỳ thực hiện nhảy cóc (hình 7.59)



Hình 7.59 Mạch điều khiển theo nhịp với chu kỳ thực hiện nhảy cóc.

– Như vậy mạch tổng hợp gồm 2 chương trình. Khi $k = 1$, ta có biểu đồ trạng thái của chương trình thứ nhất (hình 7.60).



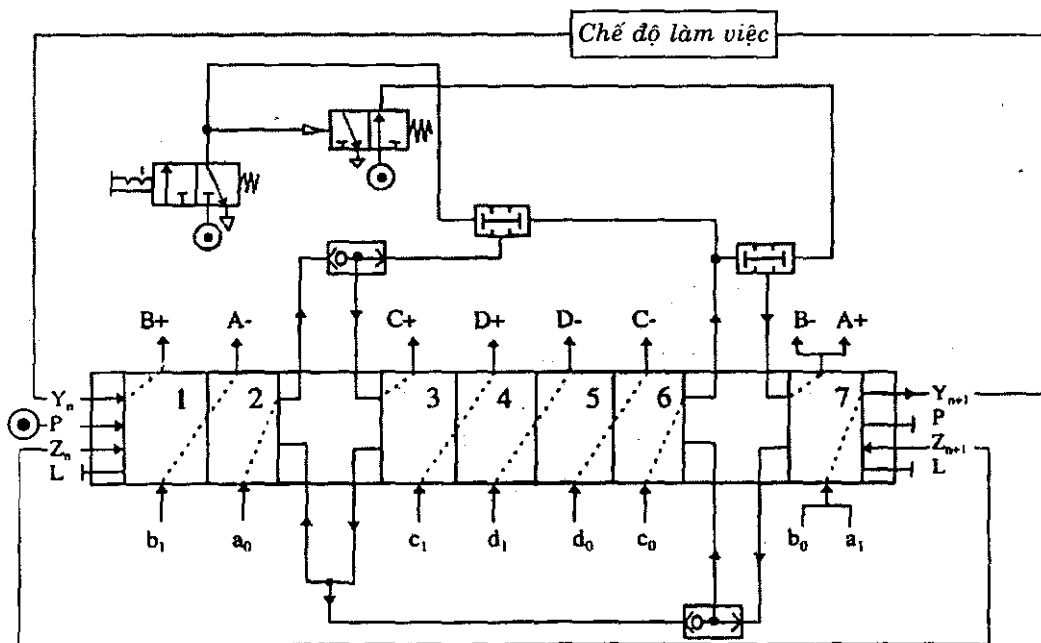
Hình 7.65 Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện lặp lại

3. Mạch điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện đồng thời

Nguyên lí hoạt động :

Sau khi quy trình M thực hiện xong, thì các quy trình 1, quy trình 2, quy trình 3 sẽ thực hiện đồng thời. Sau khi 3 quy trình thực hiện đồng thời hoàn thành, tín hiệu ở cổng ra Y_{n+1} sẽ được kết hợp lại bằng phần tử AND, để quy trình N được thực hiện.

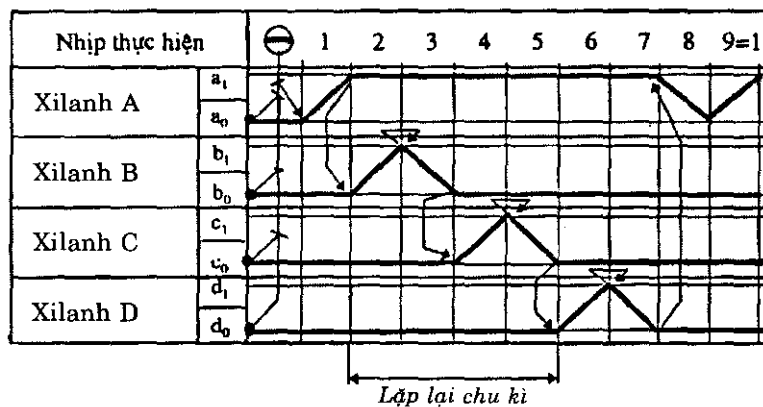
Như vậy trước khi chuẩn bị thực hiện đồng thời các quy trình, tín hiệu sẽ được phân nhánh. Sau khi các quy trình đồng thời thực hiện xong, các tín hiệu sẽ được kết hợp lại. Nguyên lí hoạt động điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện đồng thời, được biểu diễn ở hình 7.66.



Hình 7.63 Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện lặp lại

b) Ví dụ ứng dụng

Quy trình công nghệ được biểu diễn ở biểu đồ trạng thái (hình 7.64)



Hình 7.64 Biểu đồ trạng thái và bước thực hiện nhịp

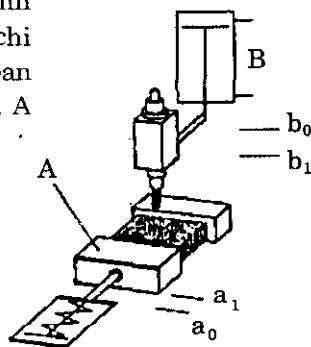
Dựa vào biểu đồ trạng thái, ta thiết kế được mạch điều khiển (hình 7.65)

- Khi van đảo chiều có định vị ở vị trí "0", bước thực hiện lần lượt từ 1 đến 8.
- Khi van đảo chiều có định vị ở vị trí "1", bước thực hiện được lặp lại 2 - 3 - 4 - 5.

IV. THIẾT KẾ MẠCH KHÍ NÉN BẰNG BIỂU ĐỒ KARNAUGH

1. Thiết kế mạch khí nén cho quy trình với 2 xilanh

Ví dụ quy trình làm việc của máy khoan gồm 2 xilanh (hình 7.68) : khi đưa chi tiết vào xilanh A sẽ đi ra để kẹp chi tiết. Sau đó pittông B đi xuống khoan chi tiết. Sau khi khoan xong, pittông B lùi về. Khi xilanh B đã lùi về, thì xilanh A mới lùi về.



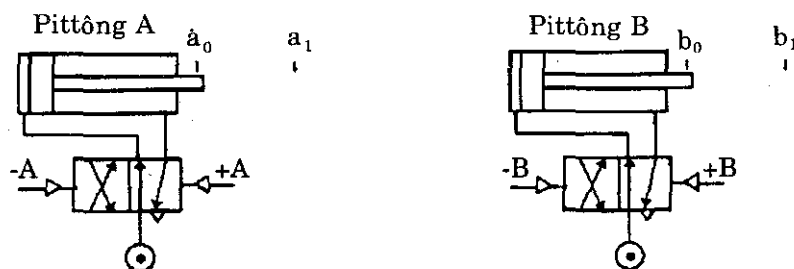
Hình 7.68 Quy trình công nghệ

a) Xác định biến :

Công tắc cuối hành trình của xilanh A kí hiệu a_0 và a_1 . Công tắc cuối hành trình của xilanh B kí hiệu b_0 và b_1 . Các công tắc hành trình này sẽ tác động cho pittông sẽ đi ra và lùi về (hình 7.69).

+A và -A kí hiệu tín hiệu điều khiển cho phân tử nhớ chính A.

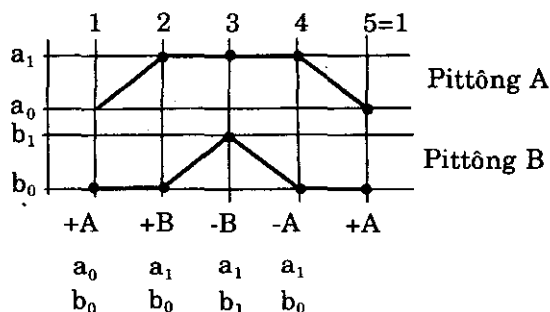
+B và -B kí hiệu tín hiệu điều khiển cho phân tử nhớ chính B.



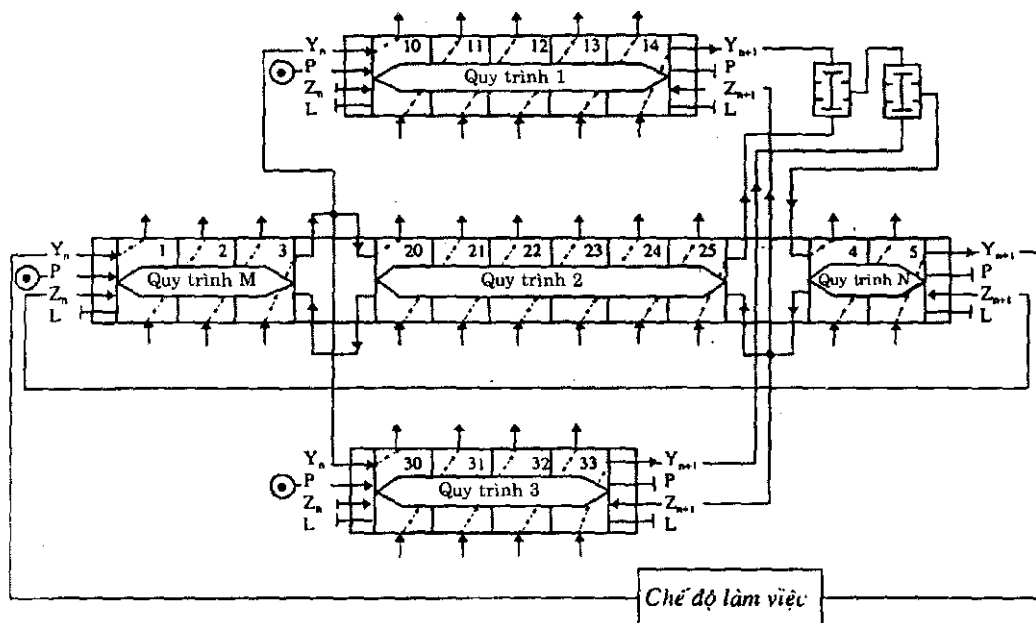
Hình 7.69 Xác định các biến

b) Thiết lập biểu đồ trạng thái

Từ quy trình công nghệ, ta thiết lập được biểu đồ trạng thái biểu diễn ở hình 7.70.



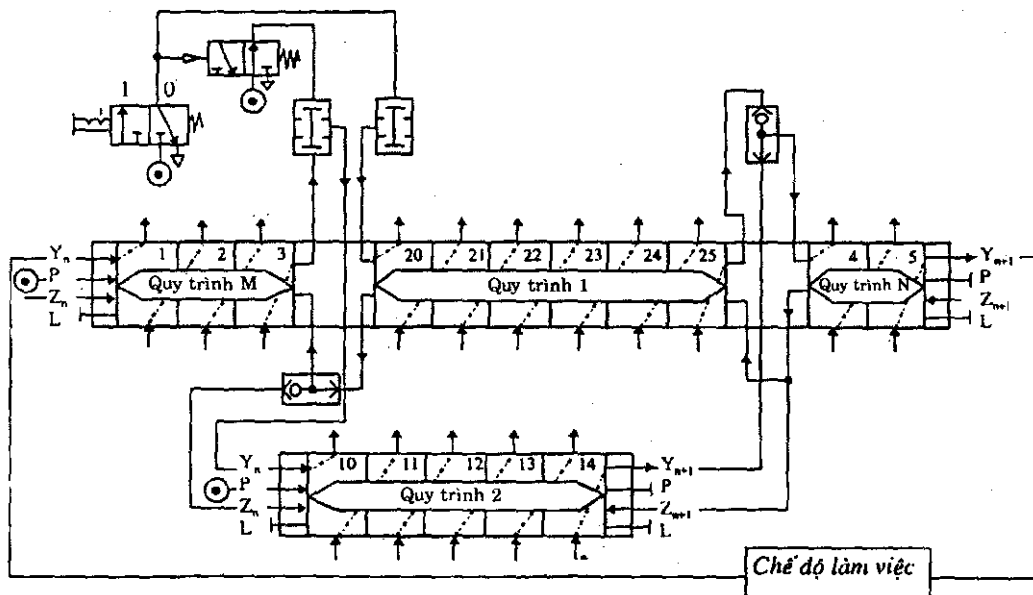
Hình 7.70 Biểu đồ trạng thái



Hình 7.66 Mạch điều khiển với các chu kì thực hiện đồng thời

4. Mạch điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện tuần tự

Sau khi quy trình M thực hiện, nếu $k = 1$ thì quy trình thứ nhất sẽ thực hiện, nếu $k = 0$, thì quy trình thứ 2 sẽ thực hiện. Sau đó quy trình N sẽ thực hiện (hình 7.67).



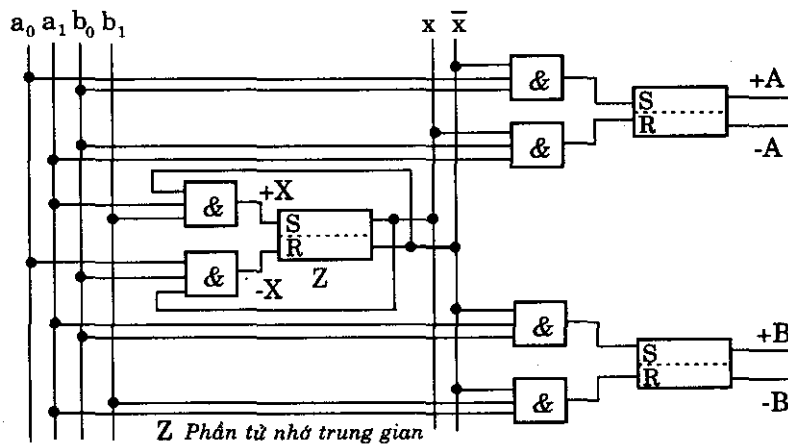
Hình 7.67 Mạch điều khiển với các chu kì thực hiện tuần tự

Trong quy trình thêm một phần tử nhớ trung gian. Phương trình 3 a) và 3 c) cũng như phương trình 3 b) và 3 d) có cùng thêm dạng biến tín hiệu ra $\bar{x}$ và x . Như vậy phương trình logic của quy trình điều khiển được viết như sau :

$$\begin{aligned}
 \text{a) } +A &= a_0 \wedge b_0 \wedge \bar{x} \\
 \text{b) } +B &= a_1 \wedge b_0 \wedge \bar{x} \\
 \text{c) } -B &= a_1 \wedge b_1 \wedge x \\
 \text{d) } -A &= a_1 \wedge b_0 \wedge x \\
 \text{e) } +X &= a_1 \wedge b_1 \wedge \bar{x} \\
 \text{f) } -X &= a_0 \wedge b_0 \wedge x
 \end{aligned}
 \tag{4.0}$$

d) Sơ đồ mạch logic của quy trình :

Dựa vào phương trình logic (4.0) ta thiết kế mạch logic như ở hình 7.71.



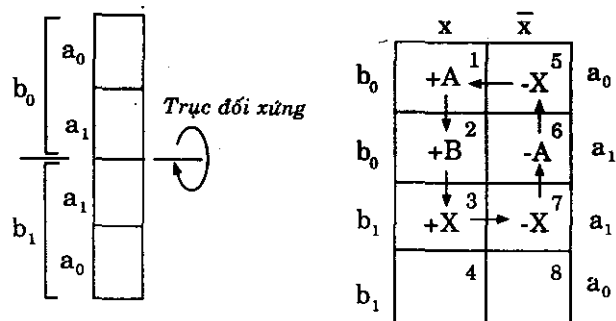
Hình 7.71 Sơ đồ mạch logic

d) Thiết lập biểu đồ Karnaugh

Ta có 3 biến :

- a_1 và phủ định a_0
- b_1 và phủ định b_0
- x và phủ định $\bar{x}$

Biểu đồ Karnaugh với 3 biến biểu diễn ở hình 7.72. Các công tác hành trình sẽ biểu diễn qua trục đối xứng nằm ngang. Biến của phần tử nhớ trung gian biểu diễn qua trục đối xứng thẳng đứng. Trong điều khiển giả thiết rằng, khi công tác hành trình, ví dụ a_0 bị tác động, thì công tác hành trình a_1 sẽ không bị tác động.



Hình 7.72 Biểu đồ Karnaugh với 3 biến

Từ biểu đồ trạng thái, ta xác định điều kiện để các xilanh thực hiện như sau :

- *Bước thực hiện thứ nhất :*

Xilanh A đi ra với tín hiệu điều khiển +A.

$$+A = a_0 \wedge b_0$$

- *Bước thực hiện thứ 2 :*

Xilanh B đi ra với tín hiệu điều khiển +B.

$$+B = a_1 \wedge b_0$$

- *Bước thực hiện thứ 3 :*

Xilanh B lùi về với tín hiệu điều khiển -B.

$$-B = a_1 \wedge b_1$$

- *Bước thực hiện thứ 4 :*

Xilanh A lùi về với tín hiệu điều khiển -A.

$$-A = a_1 \wedge b_0$$

c) **Thiết lập phương trình logic và các điều kiện thực hiện :**

Từ các bước thực hiện, ta có phương trình logic sau :

$$\begin{array}{ll} \text{a) } +A = a_0 \wedge b_0 & \\ \text{b) } +B = a_1 \wedge b_0 & \\ \text{c) } -B = a_1 \wedge b_1 & \\ \text{d) } -A = a_1 \wedge b_0 & \end{array} \quad (1.0)$$

So sánh phương trình b) và d) ta thấy điều kiện để thực hiện +B và -A giống nhau. Như vậy về phương diện điều khiển, điều đó không thể thực hiện được.

Để có thể phân biệt được các bước thực hiện +B và -A có cùng điều kiện ($a_1 \wedge b_0$), cả 2 phương trình phải thêm *điều kiện phụ*. Trong điều khiển người ta sử dụng *phần tử nhớ trung gian*. Như vậy ta kí hiệu x và $\bar{x}$ là *tín hiệu ra* của phần tử nhớ trung gian. Phương trình logic (1.0) viết lại được như sau :

$$\begin{array}{ll} \text{a) } +A = a_0 \wedge b_0 & \\ \text{b) } +B = a_1 \wedge b_0 \wedge \bar{x} & \\ \text{c) } -B = a_1 \wedge b_1 & \\ \text{d) } -A = a_1 \wedge b_0 \wedge x & \end{array} \quad (2.0)$$

Để *tín hiệu ra* $\bar{x}$ của phần tử nhớ trung gian thực hiện bước b), thì tín hiệu đó phải được chuẩn bị trong bước thực hiện trước đó, tức là bước a). Tương tự như vậy để *tín hiệu ra* x của phần tử nhớ trung gian thực hiện bước d), thì tín hiệu đó phải được chuẩn bị trong bước thực hiện trước đó, tức là bước c). Từ đó ta viết lại phương trình logic (2.0) như sau :

$$\begin{array}{ll} \text{a) } +A = a_0 \wedge b_0 \wedge \bar{x} & \\ \text{b) } +B = a_1 \wedge b_0 \wedge \bar{x} & \\ \text{c) } -B = a_1 \wedge b_1 \wedge x & \\ \text{d) } -A = a_1 \wedge b_0 \wedge x & \end{array} \quad (3.0)$$

$$+B = a_1 \wedge \bar{x}$$

Phương trình logic ban đầu của $-B$:

$$-B = a_1 \wedge b_1 \wedge x$$

Sau khi đơn giản $-B$ ở cột thứ 2 gồm các khối 5, 6, 7 và 8, ta có phương trình logic đơn giản của $-B$:

$$-B = x$$

h) Đơn giản phần tử nhớ trung gian bằng biểu đồ Karnaugh

Biểu đồ Karnaugh ở hình 7.75 cho thấy rằng phần tử nhớ trung gian ở vị trí SET bắt đầu trong khối 3, giữ vị trí đó cho đến khối 7 và 6. Từ khối 5 bắt đầu vị trí RESET và giữ vị trí đó cho đến khối 1 và 2.

Phương trình logic ban đầu của $+X$:

$$+X = a_1 \wedge b_1 \wedge \bar{x}$$

Sau khi đơn giản $+X$ ở miền gồm các khối 3, 7, 4 và 8, ta có phương trình logic đơn giản của $+X$:

$$+X = b_1$$

Phương trình logic ban đầu của $-X$:

$$-X = a_0 \wedge b_0 \wedge x$$

Sau khi đơn giản $-X$ ở miền gồm các khối 1, 5, 4 và 8, ta có phương trình logic đơn giản của $-X$:

$$-X = a_0$$

Khối trống 4 và 8 được phép sử dụng chung cho cả $+X$ và $-X$.

Phương trình logic đơn giản cho quy trình như sau :

$$+A = \bar{x} \wedge \text{khởi động}$$

$$-A = b_0 \wedge x$$

$$+B = a_1 \wedge \bar{x}$$

$$-B = x$$

$$+X = b_1$$

$$-X = a_0$$

Sơ đồ mạch logic đơn giản biểu diễn ở hình 7.76.

	$\bar{x}$	x	
b_0	$-X$ 1	$-X$ 5	a_0
b_0	$-X$ 2	$+X$ 6	a_1
b_1	$+X$ 3	$+X$ 7	a_1
b_1	4	8	a_0

Hình 7.75 Biểu đồ Karnaugh cho phần tử nhớ trung gian

Không xảy ra trường hợp cả 2 công tắc hành trình a_0 và a_1 cùng bị tác động đồng thời. Hoặc cả 2 công tắc không bị tác động đồng thời.

e) Đơn giản hành trình của xilanh A bằng biểu đồ Karnaugh

Theo biểu đồ trạng thái, ta thiết lập được biểu đồ Karnaugh cho xilanh A (hình 7.73).

Bước thực hiện thứ nhất pittông A đi ra (+A) và dừng lại cho đến bước thực hiện thứ 3. Sang bước thực hiện thứ 4 thì pittông A lùi về (-A).

Các khối 1, 2, 3, và 7 kí hiệu +A và các khối 5, 6 kí hiệu -A.

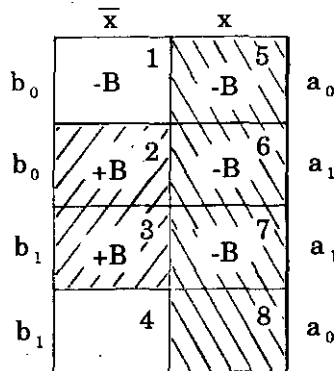
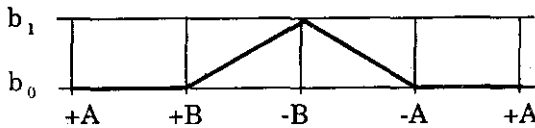
Như vậy cột thứ nhất ($\bar{x}$) gồm các khối 1, 2, 3 và 4, trong đó khối 4 là trống:

Đơn giản hành trình của xilanh A (+A) sẽ được thực hiện trong cột thứ nhất ($\bar{x}$). Phương trình logic ban đầu của +A :

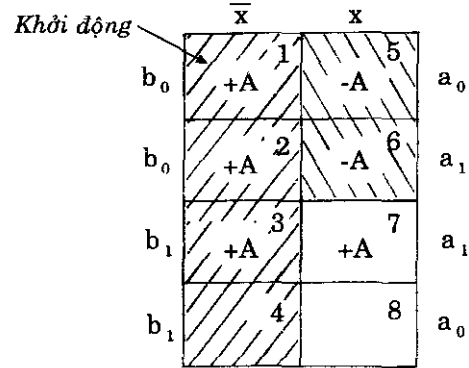
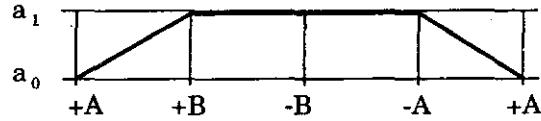
$$+A = a_0 \wedge b_0 \wedge \bar{x} \wedge \text{khởi động}$$

Sau khi đơn giản ở cột thứ nhất, ta có phương trình logic đơn giản của +A :

$$+A = \bar{x} \wedge \text{khởi động}$$



Hình 7.74 Biểu đồ Karnaugh cho xilanh B



Hình 7.73 Biểu đồ Karnaugh cho xilanh A

Tương tự ta có phương trình logic ban đầu của -A :

$$-A = a_1 \wedge b_0 \wedge x$$

Sau khi đơn giản các khối 5 và 6, ta có phương trình logic của -A :

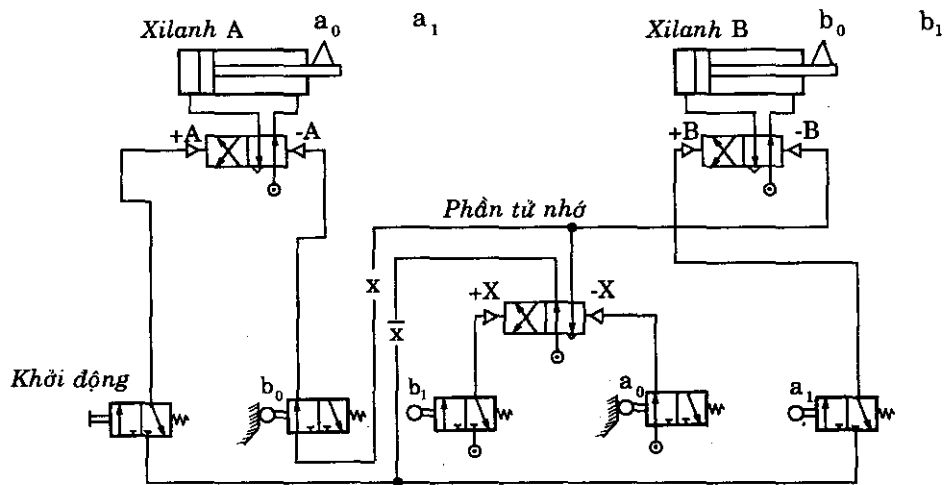
$$-A = b_0 \wedge x$$

g) Đơn giản hành trình của xilanh B bằng biểu đồ Karnaugh

Phương pháp đơn giản hành trình của xilanh B cũng tương tự như cách thực hiện ở xilanh A (hình 7.74). Phương trình logic ban đầu của +B :

$$+B = a_1 \wedge b_0 \wedge \bar{x}$$

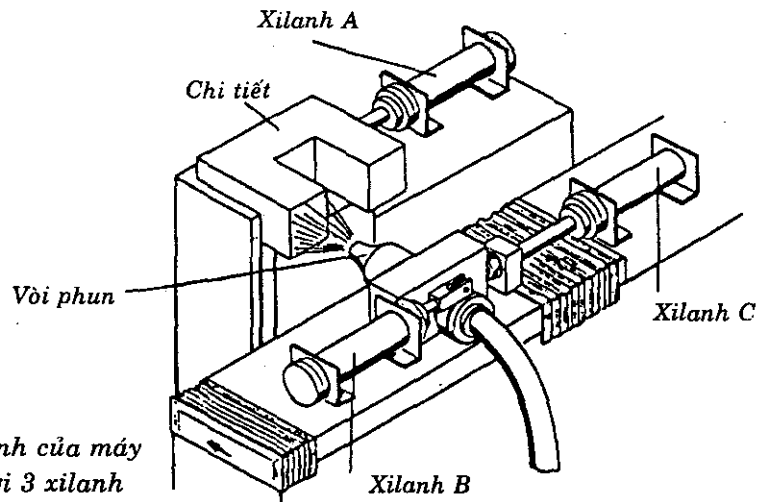
Sau khi đơn giản +B ở các khối 2 và 3, ta có phương trình logic đơn giản của +B :



Hình 7.78 Sơ đồ mạch biểu diễn đơn giản

2. Thiết kế mạch khí nén cho quy trình với 3 xilanh

Ví dụ quy trình làm việc của máy làm sạch chi tiết gồm 3 xilanh (hình 7.79) : chi tiết đưa vào và sẽ được kẹp bằng xilanh A đi ra. Sau đó xilanh B sẽ thực hiện quy trình làm sạch một phía của chi tiết bằng vòi phun trong khoảng thời gian t_1 . Sau đó chi tiết sẽ được chuyển sang vị trí đối diện bằng xilanh C. Tại vị trí này chi tiết sẽ thực hiện quy trình làm sạch phía thứ 2 của chi tiết bằng vòi phun trong khoảng thời gian t_1 . Sau khi thực hiện xong, xilanh C trở về vị trí ban đầu, đồng thời xilanh A sẽ lùi về, chi tiết được tháo ra.

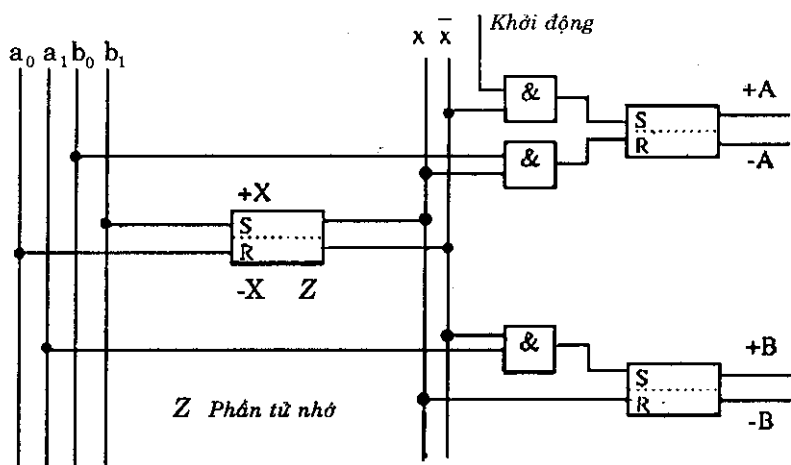


Hình 7.79 Quy trình của máy làm sạch chi tiết với 3 xilanh

a) Thiết lập biểu đồ trạng thái

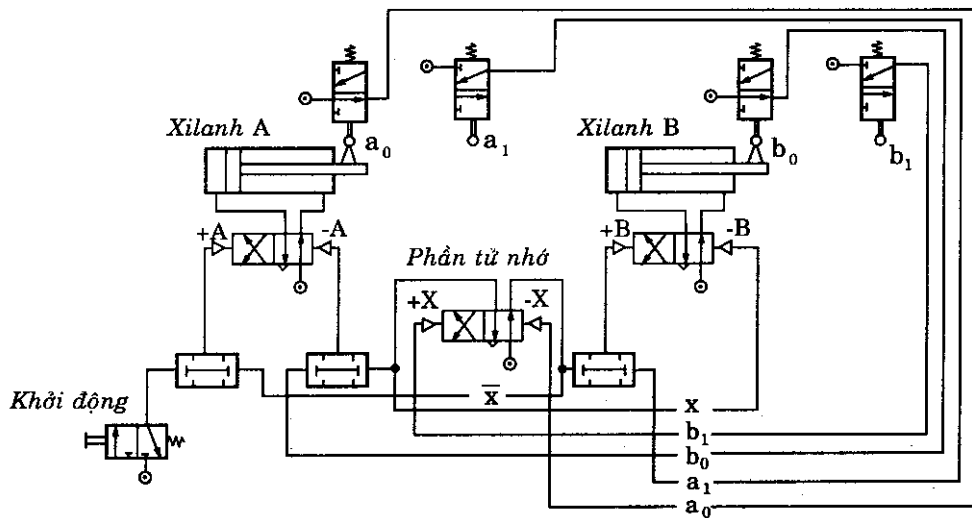
Từ quy trình công nghệ cho trước, ta thiết lập được biểu đồ trạng thái biểu diễn ở hình 7.80.

+A	Kẹp chi tiết
+B ₁ + B ₂	Quá trình thực hiện làm sạch chi tiết bắt đầu



Hình 7.76 Sơ đồ mạch logic sau khi đơn giản

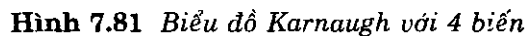
Sơ đồ mạch lắp ráp biểu diễn ở hình 7.77



Hình 7.77 Sơ đồ mạch lắp ráp

Sơ đồ mạch biểu diễn đơn giản được trình bày ở hình 7.78

$$-X = a_1 \wedge b_1 \wedge c_0 \wedge x$$

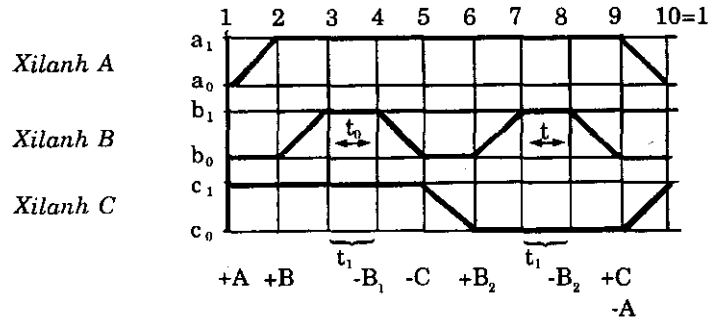


Đối với những quy trình phức tạp, ta đơn giản biểu đồ Karnaugh bằng quy tắc sau đây :

- Nói rộng ra miền của khối.
- Mỗi khối chỉ ghi một bước thực hiện
- Những khối trống có thể kết hợp với khối đã ghi bước thực hiện
- Những miền được tạo ra phải đối xứng qua trục đối xứng.
- Số khối của miền được tạo ra phải là lũy thừa của 2.

$$\neg A = b_0 \wedge c_0 \wedge \bar{x}$$

$-B_1, -B_2$ Quá trình thực hiện làm sạch chi tiết kết thúc
 $-C$ Chi tiết ở vị trí 2
 $+C$ Chi tiết ở vị trí 1
 $-A$ Tháo chi tiết



Hình 7.80 Biểu đồ trạng thái

b) Thiết lập phương trình logic

Bởi vì lệnh $+B$ và $-B$ của 1 pittông B trong quá trình thực hiện được lặp lại 2 lần, cho nên $+B_1, +B_2$ và $-B_1, -B_2$ sẽ được liên kết bằng phần tử *OR*.

Lệnh $+C$ và $-A$ được thực hiện đồng thời, cho nên phương trình logic giống nhau.

Phương trình logic cho $+A$:

$$+A = a_0 \wedge b_0 \wedge c_1$$

Phương trình logic cho $+B$:

$$+B = (a_1 \wedge b_0 \wedge c_1) \vee (a_1 \wedge b_0 \wedge c_0) \quad (1.0)$$

Phương trình logic cho $-B$:

$$-B = (a_1 \wedge b_1 \wedge c_1) \vee (a_1 \wedge b_1 \wedge c_0)$$

Phương trình logic cho $-C$:

$$-C = a_1 \wedge b_0 \wedge c_1$$

Phương trình logic cho $+C$:

$$\left. \begin{aligned} +C &= a_1 \wedge b_0 \wedge c_0 = -A \\ -A &= a_1 \wedge b_0 \wedge c_0 = +C \end{aligned} \right\} \quad -A = +C$$

c) Phương trình logic với các điều kiện

Bởi vì phương trình logic cho $+B_1$ và $-C$, cũng như $+B_2$ và $+C/-A$ giống nhau, cho nên phải thêm điều kiện phụ, đó là phần tử nhớ trung gian. Lệnh SET của phần tử nhớ trung gian sẽ nằm khối ở giữa $+B_1$ và $-B_1$. Lệnh RESET của phần tử trung gian sẽ nằm khối giữa $+B_2$ và $-B_2$.

Biểu đồ Karnaugh được biểu diễn ở hình 7.81.

$$+A = a_0 \wedge b_0 \wedge c_1 \wedge \bar{x}$$

$$+B = (a_1 \wedge b_0 \wedge c_1 \wedge \bar{x}) \vee (a_1 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge x)$$

$$-B = (a_1 \wedge b_1 \wedge c_1 \wedge x) \vee (a_1 \wedge b_1 \wedge c_0 \wedge \bar{x})$$

g) Đơn giản hành trình của phần tử nhớ trung gian (+X, -X)

Biểu đồ Karnaugh cho phần tử nhớ trung gian được biểu diễn ở hình 7.85. Phương trình logic sau khi đơn giản :

$$+X = b_1 \wedge c_1$$

$$-X = b_1 \wedge c_0$$

	a_0 b_0	a_0 b_0	a_0 b_1	a_0 b_1	a_1 b_1	a_1 b_1	a_1 b_0	a_1 b_0
$\bar{x}$		-X			-X	+X	-X	-X
x					-X	+X	+X	+X
	c_0	c_1	c_1	c_0	c_0	c_1	c_1	c_0

Hình 7.85 Biểu đồ Karnaugh cho phần tử nhớ trung gian

h) Phương trình logic của quy trình sau khi đơn giản

Phương trình logic của quy trình sau khi đơn giản được viết như sau :

$$+A = c_1 \wedge \text{Khởi động}$$

$$-A = b_0 \wedge c_0 \wedge \bar{x}$$

$$+B = (a_1 \wedge c_1 \wedge \bar{x}) \vee (c_0 \wedge x)$$

$$-B = (c_1 \wedge x) \vee (c_0 \wedge \bar{x})$$

$$+C = b_0 \wedge \bar{x}$$

$$-C = b_0 \wedge x$$

$$+X = b_1 \wedge c_1$$

$$-X = b_1 \wedge c_0$$

- Sơ đồ mạch logic của quy trình được biểu diễn ở hình 7.86.

	a_0	a_0	a_0	a_0	a_1	a_1	a_1	a_1
	b_0	b_0	b_1	b_1	b_1	b_1	b_0	b_0
$\bar{x}$		$+A$			$+A$	$+A$	$+A$	$-A$
x					$+A$	$+A$	$+A$	$+A$
	c_0	c_1	c_1	c_0	c_0	c_1	c_1	c_0

Hình 7.82 Biểu đồ Karnaugh cho xilanh A

d) Đơn giản hành trình của xilanh B bằng biểu đồ Karnaugh ($+B_1, +B_2, -B_1, -B_2$)

Biểu đồ Karnaugh cho xilanh B được biểu diễn ở hình 7.83. Phương trình logic sau khi đơn giản :

$$\left. \begin{aligned} +B_1 &= a_1 \wedge c_1 \wedge \bar{x} \\ +B_2 &= c_0 \wedge x \end{aligned} \right\} +B = (a_1 \wedge c_1 \wedge \bar{x}) \vee (c_0 \wedge x)$$

$$\left. \begin{aligned} -B_1 &= c_1 \wedge x \\ -B_2 &= c_0 \wedge \bar{x} \end{aligned} \right\} -B = (c_1 \wedge x) \vee (c_0 \wedge \bar{x})$$

	a_0	a_0	a_0	a_0	a_1	a_1	a_1	a_1
	b_0	b_0	b_1	b_1	b_1	b_1	b_0	b_0
$\bar{x}$		$-B_2$			$-B_2$	$+B_1$	$+B_1$	$-B_2$
x					$+B_2$	$-B_1$	$-B_1$	$+B_2$
	c_0	c_1	c_1	c_0	c_0	c_1	c_1	c_0

Hình 7.83 Biểu đồ Karnaugh cho xilanh B

e) Đơn giản hành trình của xilanh C ($+C, -C$)

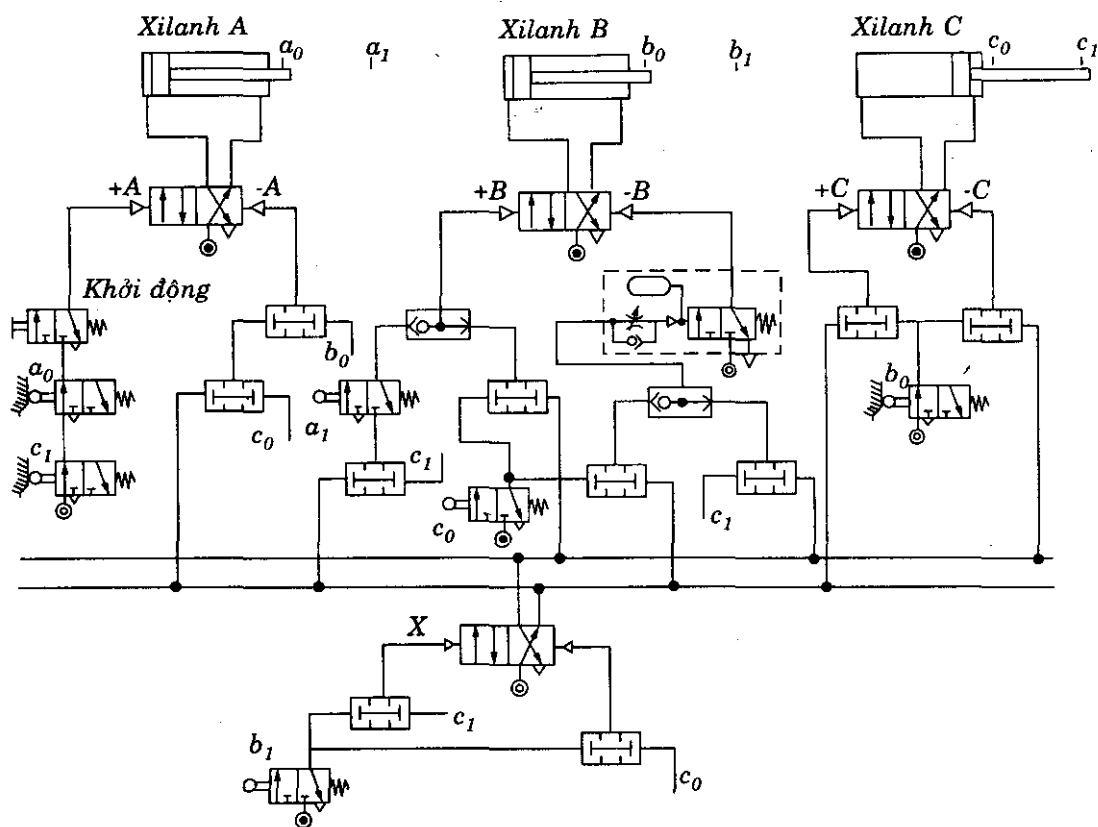
Biểu đồ Karnaugh cho xilanh C được biểu diễn ở hình 7.84. Phương trình logic sau khi đơn giản.

$$+C = b_0 \wedge \bar{x}$$

$$-C = b_0 \wedge x$$

	a_0	a_0	a_0	a_0	a_1	a_1	a_1	a_1
	b_0	b_0	b_1	b_1	b_1	b_1	b_0	b_0
$\bar{x}$		$+C$			$-C$	$+C$	$+C$	$+C$
x					$-C$	$+C$	$-C$	$-C$
	c_0	c_1	c_1	c_0	c_0	c_1	c_1	c_0

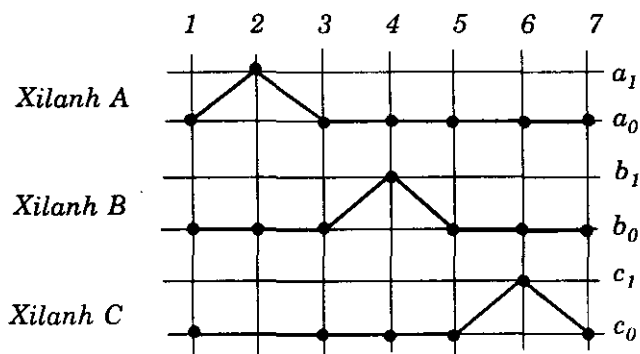
Hình 7.84 Biểu đồ Karnaugh cho xilanh C



Hình 7.88 Biểu diễn đơn giản mạch khí nén

3. Thiết kế mạch khí nén với 2 phần tử nhớ trung gian

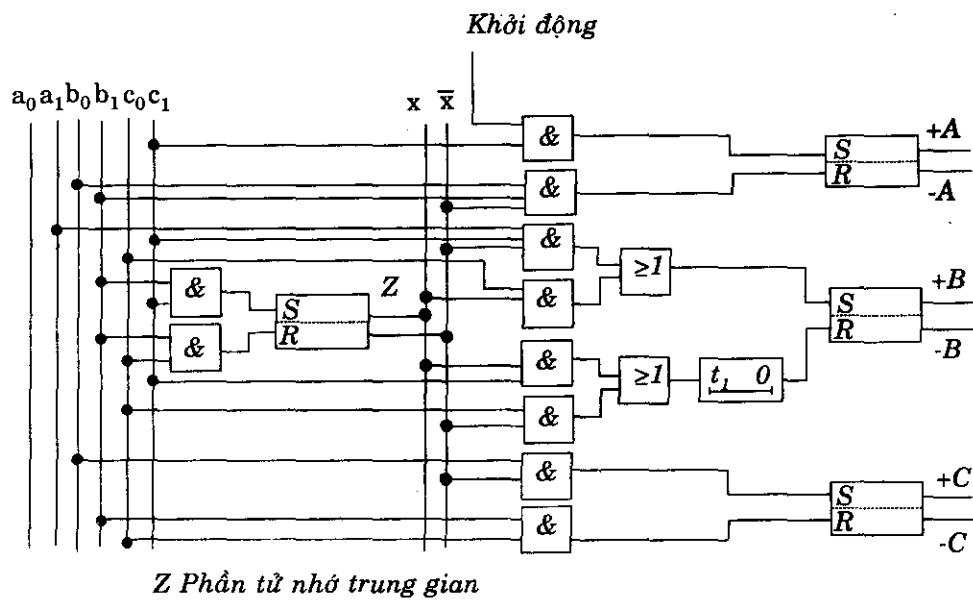
Ví dụ quy trình công nghệ được biểu diễn ở hình 7.89



Hình 7.89 Biểu đồ trạng thái của quy trình với 3 xilanh

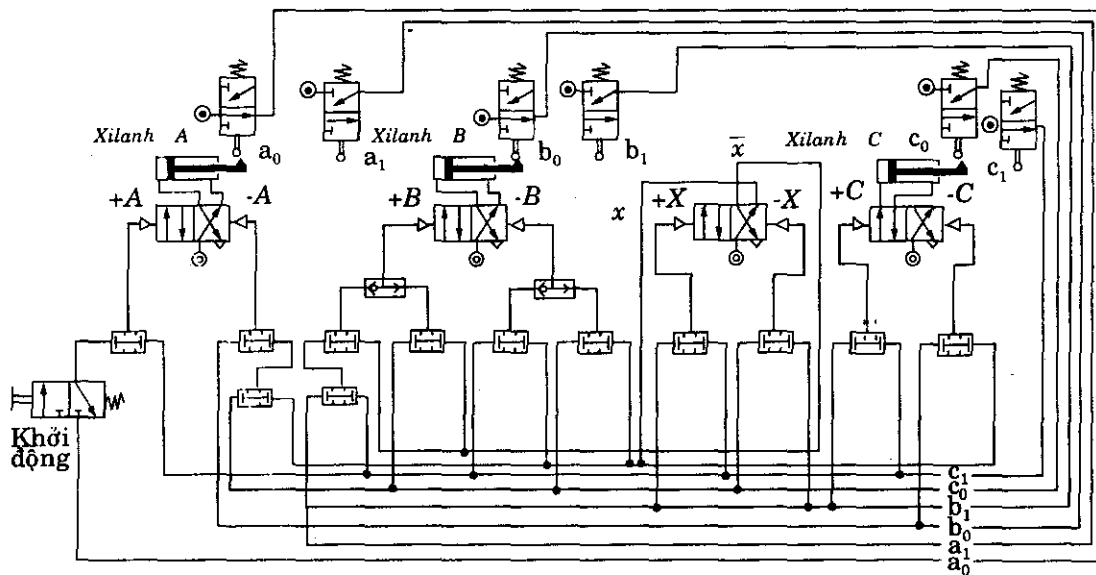
a) Phương trình logic của quy trình :

Theo biểu đồ trạng thái, ở các vị trí 1, 3 và 5 phương trình logic của các xilanh +A,



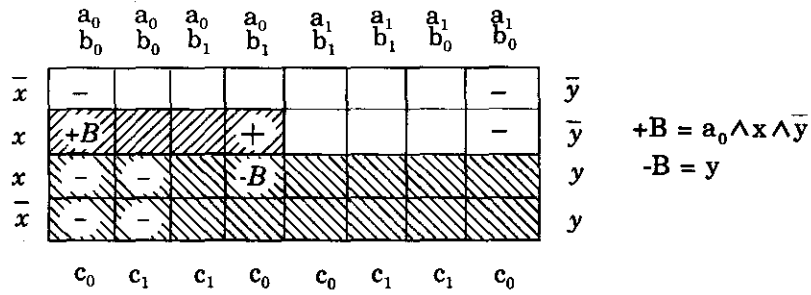
Hình 7.86 Sơ đồ mạch logic

- Sơ đồ mạch lắp ráp được biểu diễn ở hình 7.87.



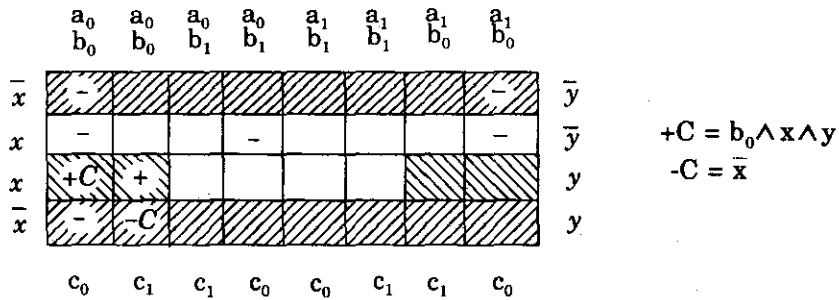
Hình 7.87 Biểu diễn mạch khí nén lắp ráp

- Biểu diễn đơn giản sơ đồ mạch khí nén ở hình 7.88.



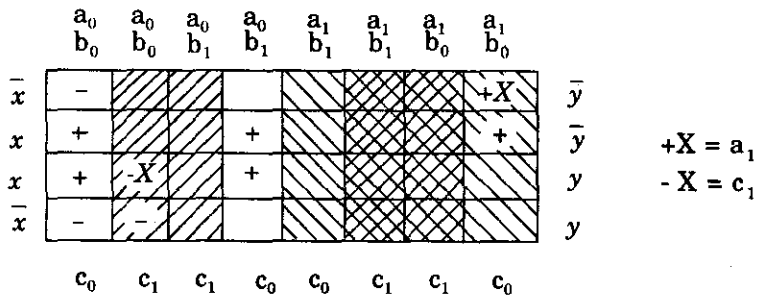
Hình 7.92 Biểu đồ Karnaugh cho $+B$ và $-B$

– Đơn giản hành trình của *xilanh* $+C$, $-C$ được biểu diễn ở hình 7.93



Hình 7.93 Biểu đồ Karnaugh cho $+C$ và $-C$

– Đơn giản hành trình của *xilanh* $+X$, $-X$ được biểu diễn ở hình 7.94



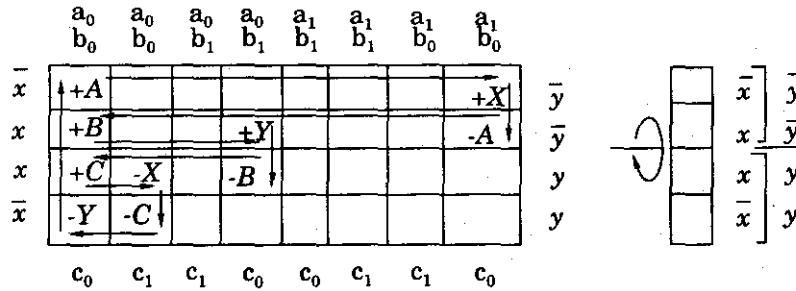
Hình 7.94 Biểu đồ Karnaugh cho $+X$ và $-X$

– Đơn giản hành trình của *xilanh* $+Y$, $-Y$ được biểu diễn ở hình 7.95

$+B$ và $+C$ giống nhau. Cho nên để phân biệt được các hành trình trên, ta phải thêm 2 phần tử nhớ trung gian, kí hiệu X và Y . Phương trình logic của quy trình được viết như sau :

$$\begin{aligned} +A &= a_0 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge \bar{x} \wedge \bar{y} \\ -A &= a_1 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge x \wedge \bar{y} \\ +B &= a_0 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge x \wedge \bar{y} \\ -B &= a_0 \wedge b_1 \wedge c_0 \wedge x \wedge y \\ +C &= a_0 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge x \wedge y \\ -C &= a_0 \wedge b_0 \wedge c_1 \wedge \bar{x} \wedge y \\ +X &= a_1 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge \bar{x} \wedge \bar{y} \\ -X &= a_0 \wedge b_0 \wedge c_1 \wedge x \wedge y \\ +Y &= a_0 \wedge b_1 \wedge c_0 \wedge x \wedge \bar{y} \\ -Y &= a_0 \wedge b_0 \wedge c_0 \wedge \bar{x} \wedge y \end{aligned}$$

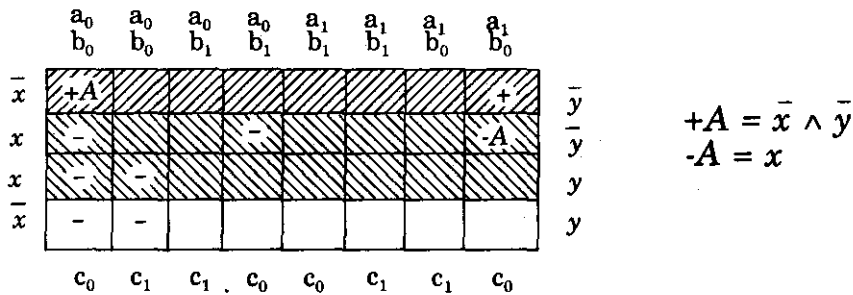
Biểu đồ Karnaugh biểu diễn ở hình 7.90. Tín hiệu điều khiển của phần tử nhớ trung gian được biểu diễn đối xứng qua trục.



Hình 7.90 Biểu đồ Karnaugh với 2 phần tử nhớ trung gian

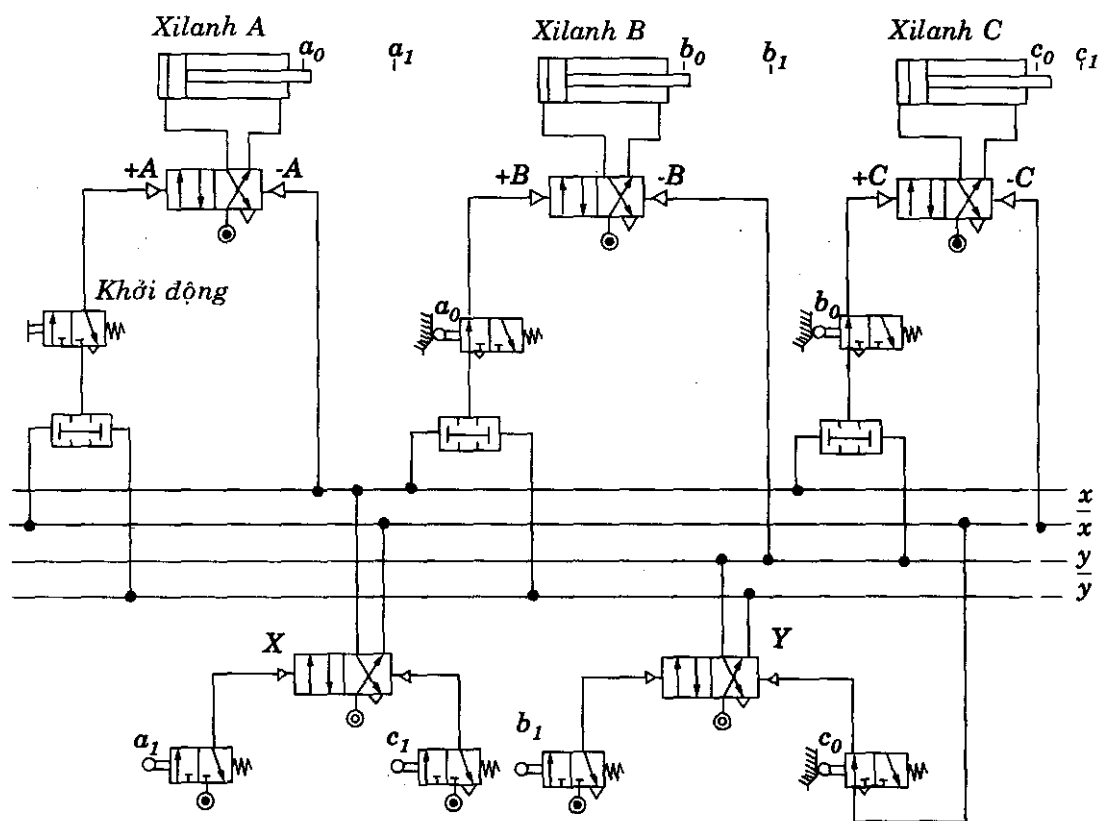
b) Đơn giản các hành trình bằng biểu đồ Karnaugh :

- Đơn giản hành trình của *xilanh* $+A$, $-A$ được biểu diễn ở hình 7.91



Hình 7.91 Biểu đồ Karnaugh cho $+A$ và $-A$

- Đơn giản hành trình của *xilanh* $+B$, $-B$ được biểu diễn ở hình 7.92



Hình 7.97 Sơ đồ mạch khí nén

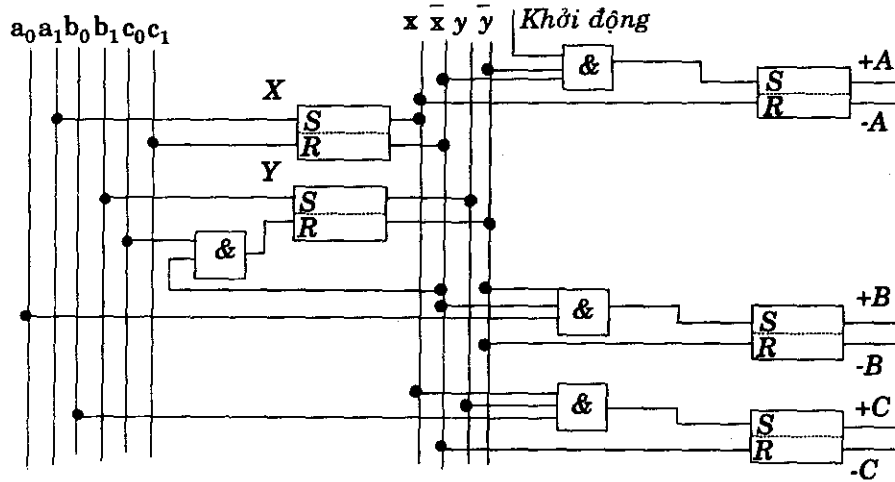
	a_0 b_0	a_0 b_0	a_0 b_1	a_0 b_1	a_1 b_1	a_1 b_1	a_1 b_0	a_1 b_0	
$\bar{x}$	-								$\bar{y}$
x	-			+Y					$\bar{y}$
x	+	+		+					y
$\bar{x}$	-Y	+							y
	c_0	c_1	c_1	c_0	c_0	c_1	c_1	c_0	

$+Y = b_1$
 $-Y = c_0 \wedge \bar{x}$

Hình 7.95 Biểu đồ Karnaugh cho +Y và -Y

- Sơ đồ mạch logic sau khi đơn giản bằng biểu đồ Karnaugh biểu diễn ở hình 7.96.

$$\begin{aligned}
 +A &= \bar{x} \wedge \bar{y} & +B &= a_0 \wedge x \wedge \bar{y} & +C &= b_0 \wedge x \wedge y & +X &= a_1 & +Y &= b_1 \\
 -A &= x & -B &= y & -C &= \bar{x} & -X &= c_1 & -Y &= c_0 \wedge \bar{x}
 \end{aligned}$$



Hình 7.96 Sơ đồ mạch logic

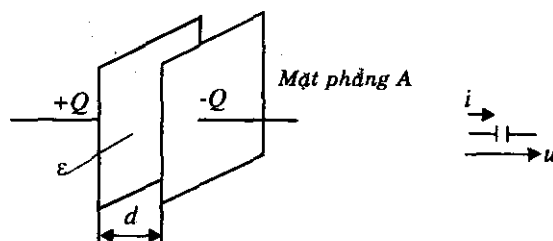
- Sơ đồ mạch khi nén được biểu diễn ở hình 7.97

Khi dq thay đổi theo thời gian dt , cường độ dòng điện i viết được như sau:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (8.4)$$

Như vậy, cường độ dòng điện viết được như sau :

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (8.5)$$



Hình 8.1 Tụ điện phẳng

Sau khi tích phân hiệu điện thế viết được như sau :

$$u = \frac{1}{C} \int i \cdot dt \quad (8.6)$$

b) Tụ điện với dòng điện một chiều

Quá trình chuyển mạch của tụ điện :

Trong mạch điện có tụ điện, quá trình chuyển mạch có 3 giai đoạn (hình 8.2) :

– Quá trình đóng mạch :

$$u_R + u_C - U = 0 \quad (8.7)$$

Sau khi thay phương trình (8.5), (8.6) vào phương trình (8.7) và giải phương trình vi phân, ta có :

$$\text{hiệu điện thế } u_C = U (1 - e^{-t/T}) \quad (8.8)$$

$$\text{cường độ dòng điện } i = \frac{U}{R} e^{-t/T}, \text{ trong đó : hằng số thời gian } T = R.C \quad (8.9)$$

Trong quá trình đóng mạch, hiệu điện thế u và cường độ dòng điện i biến thiên theo hình 8.2b.

– Quá trình ổn định : năng lượng điện được tích ở tụ điện :

$$W_e = C \cdot \int u \cdot du = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u^2 \quad (8.10)$$

– Quá trình ngắt :

$$u_R + u_C = 0 \quad (8.11)$$

Sau khi thay phương trình (8.5), (8.6) vào phương trình (8.11) và giải phương trình vi phân, ta có :

$$\text{hiệu điện thế } u_C = U \cdot e^{-t/T} \quad (8.12)$$

$$\text{cường độ dòng điện } i = -\frac{U}{R} e^{-t/T} \quad (8.13)$$

Trong quá trình ngắt mạch, hiệu điện thế u và cường độ dòng điện i biến thiên theo hình 8.2c.

CHƯƠNG VIII

ĐIỀU KHIỂN BẰNG ĐIỆN - KHÍ NÉN

I. KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ KỸ THUẬT ĐIỆN

1. Điện trường

a) Tụ điện

Hai mặt phẳng A đặt đối diện được tích điện $+Q$ và $-Q$ (hình 8.1). Điện tích Q và hiệu điện thế U có công thức sau :

$$Q = C \cdot U \quad (8.1)$$

Trong đó :

Q lượng điện tích trên mặt phẳng A (C – Culông)

C điện dung tụ điện (F – Farad)

U hiệu điện thế giữa 2 mặt phẳng (V)

– Điện dung tụ điện :

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \quad (8.2)$$

Trong đó :

A diện tích mặt phẳng (m^2)

d khoảng cách giữa 2 mặt phẳng (m)

ϵ hằng số điện môi (F/m)

– Hằng số điện môi :

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \quad (8.3)$$

Trong đó :

ϵ_0 hằng số điện môi cho không khí và chân không ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m)

ϵ_r chỉ số điện môi (không khí, chân không $\epsilon_r = 1$)

– Hiệu điện thế và cường độ dòng điện qua tụ điện :

Trong khoảng thời gian Δt , từ phương trình (8.1), có thể viết được tổng quát như sau :

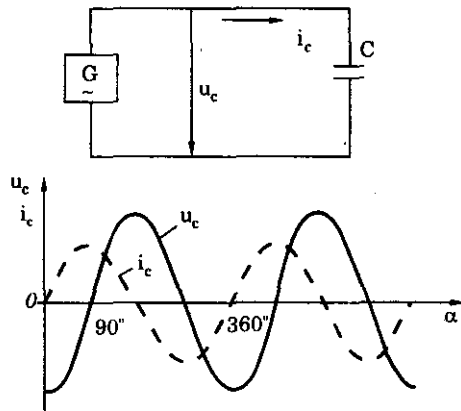
$$q = C \cdot u$$

hay

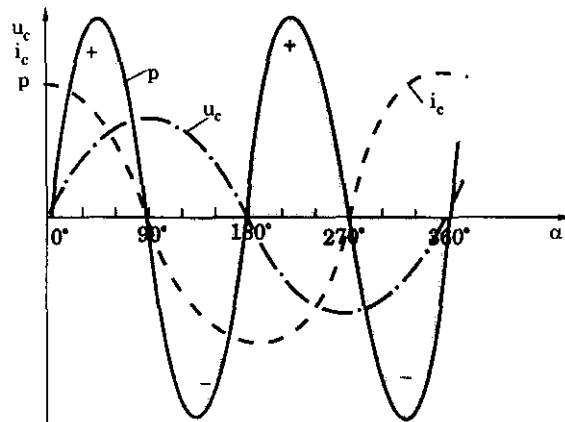
$$dq = C \cdot du$$

– Độ lệch pha hiệu điện thế và cường độ dòng điện của tụ điện được biểu diễn ở hình 8.5

– Công suất phản kháng của tụ điện : $P_C = U_C \cdot I_C = I_C^2 \cdot X_C$ (hình 8.6) (8.16)



Hình 8.5 Độ lệch pha U_C và I_C



Hình 8.6 Công suất tụ điện

2. Từ trường

Khi có dòng điện I đi qua cuộn dây, sẽ xuất hiện trong cuộn dây một từ trường. Các đại lượng vật lý đặc trưng cho từ trường gồm :

a) Từ thông và mật độ từ thông :

Từ thông là tổng các đường sức từ trường và có đơn vị là Weber (Wb) được minh họa ở hình 8.7.

Mật độ từ thông là số đường sức từ trường trên một đơn vị diện tích và có đơn vị là Tesla (T).

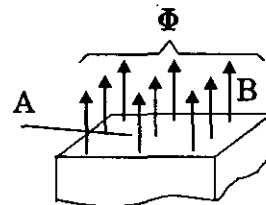
$$B = \frac{\Phi}{A} \quad (8.17)$$

Trong đó :

B Mật độ từ thông ($T = 1V.s/m^2$)

Φ Từ thông ($Wb = 1V.s$)

A Diện tích (m^2)

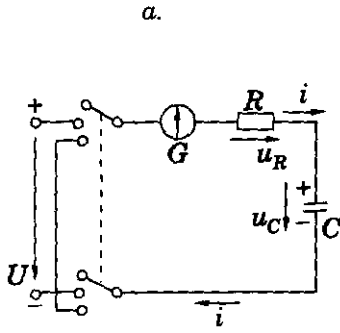


Hình 8.7 Mật độ từ thông

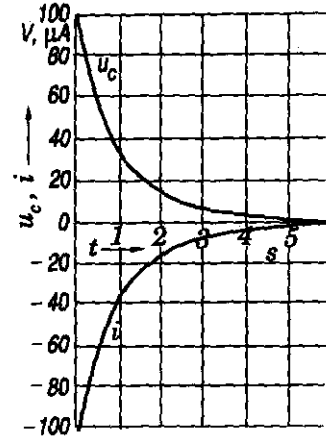
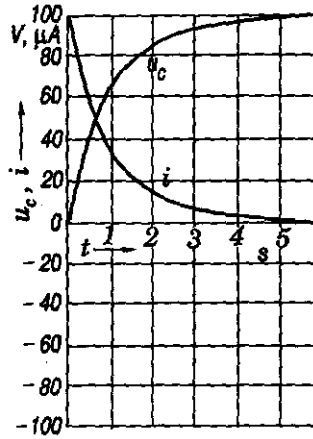
b) Sức cảm ứng từ :

Sức cảm ứng từ (hình 8.8) có công thức viết như sau :

$$\Theta = N.I \quad (8.18)$$

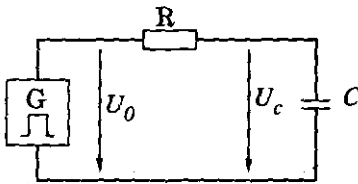


Hình 8.2 Quá trình chuyển mạch tụ điện

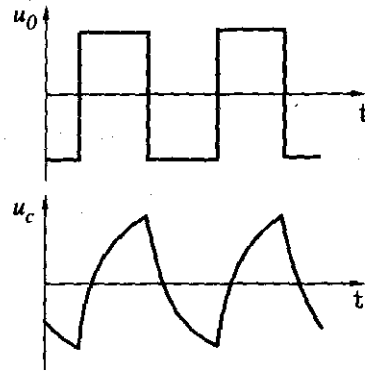


c) Tụ điện với dòng điện xoay chiều

Trong mạch điện xoay chiều, tụ điện sẽ lần lượt được tích điện và sau đó phóng điện. Hình 8.3 biểu diễn nguyên lý hoạt động của tụ điện trong mạch điện xoay chiều.



Hình 8.3 Tụ điện trong mạch điện xoay chiều



- Điện trở điện dung

Điện trở điện dung có công thức sau :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (8.14)$$

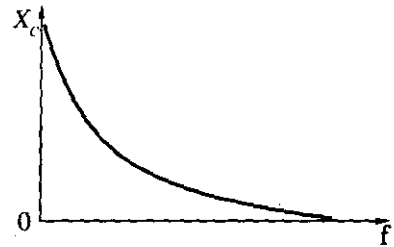
Trong đó :

X_C điện trở điện dung (Ω)

$\omega = 2\pi f$ tần số góc (rad/s)

f tần số (Hz)

C điện dung tụ điện (F)



Hình 8.4 Điện trở điện dung

Sự phụ thuộc X_C và tần số f được biểu diễn ở hình 8.4. Theo định luật Ohm ta có :

$$X_C = U_C : I_C \quad (8.15)$$

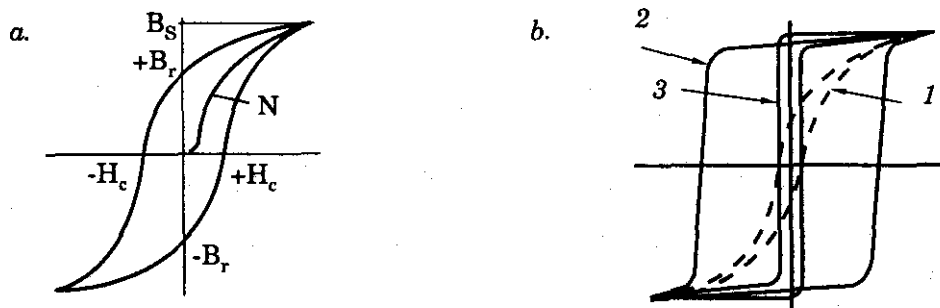
Trong đó : U_C Giá trị hiệu dụng hiệu điện thế

I_C Giá trị hiệu dụng cường độ dòng điện.

đ) Đặc tính sự từ hóa lại (vòng từ trễ)

Đường đặc tính vòng từ trễ biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ từ trường H và mật độ từ B trong quá trình từ hóa lại (hình 8.11a). Độ từ dư B_r vẫn còn, khi cường độ từ trường $H = 0$. Cường độ kháng từ H_c cần thiết để loại trừ độ từ dư. Mật độ từ bão hòa B_s là giá trị để tất cả phân tử từ tính được định hướng.

Vòng từ trễ cho những vật liệu khác nhau, thì có giá trị khác nhau (hình 8.11b). Vòng từ trễ 1 đặc trưng cho vật liệu từ hóa mềm. Vòng từ trễ 2 đặc trưng cho vật liệu từ hóa mạnh. Vòng từ trễ 3 đặc trưng cho vật liệu bộ trích chứa bằng nam châm điện.



Hình 8.11 Vòng từ trễ

e) Lực hút từ trường

Lực hút từ trường tác động vào chi tiết bằng sắt (vật liệu có từ hóa mềm) được biểu diễn ở hình 8.12 có giá trị :

$$F = \frac{B^2 \cdot A}{2 \cdot \mu_0} \quad (8.21)$$

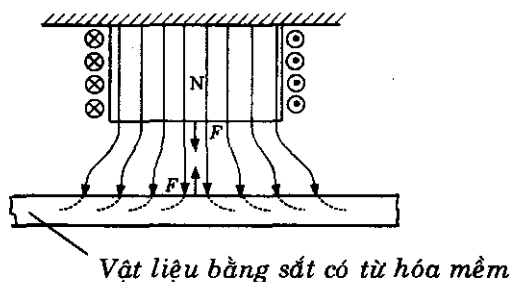
Trong đó :

F lực tác động (N)

B mật độ từ thông (T)

A diện tích (m^2)

μ_0 hằng số từ trường (Vs/Am) và có giá trị $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am

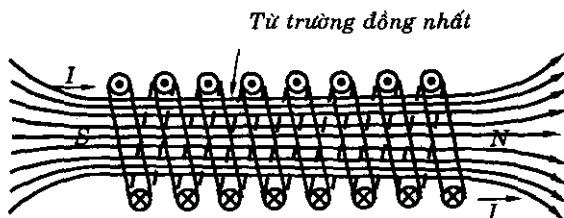


Hình 8.12 Lực hút từ trường

Hình 8.13 biểu diễn nguyên lí hoạt động của role với 3 tiếp điểm. Tại vị trí 0, cả 2 cuộn dây không có dòng điện chạy qua. Lực lò xo giữ lõi sắt ở vị trí trung gian.

Khi công tắc ở vị trí 1, dòng điện vào cuộn dây nằm phía bên phải, lực từ trường của cuộn dây đó hút lõi sắt sang bên phải, tiếp điểm phía bên phải đóng, đèn báo hiệu L_2 sáng.

Khi công tắc ở vị trí 2, dòng điện vào cuộn dây nằm phía bên trái, lực từ trường của cuộn dây đó hút lõi sắt sang bên trái, tiếp điểm phía bên trái đóng, đèn báo hiệu L_1 sáng.



Hình 8.8 Sức cảm ứng từ

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \text{ hoặc } H = \frac{\Theta}{l}$$

Trong đó :

H cường độ từ trường (A/m)

N số vòng cuộn dây

I cường độ dòng điện trong cuộn dây (A)

l chiều dài trung bình (m)

d) Liên hệ giữa B và H

$B = \mu \cdot H$ công thức tổng quát (8.20)

$B = \mu_0 \cdot H$ công thức cho cuộn dây không có lõi sắt (8.20a)

$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$ công thức cho cuộn dây có lõi sắt (8.20b)

Trong đó :

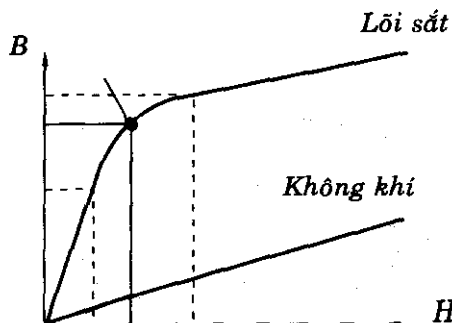
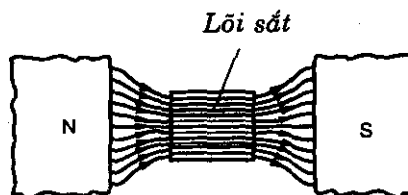
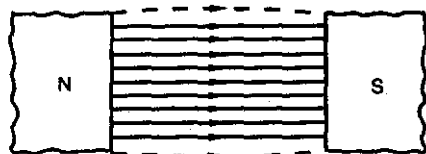
B Mật độ từ thông ($T = 1 \text{ V.s/m}^2$)

H Cường độ từ trường (A/m)

μ_0 Hằng số từ trường (Vs/Am) và có giá trị $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$

μ_r Chỉ số thấm từ

μ Độ thấm từ (As/Vm) : $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$



Cho không khí μ_r có giá trị ≈ 1 . Đối với cuộn dây có lõi sắt, μ_r có giá trị thay đổi, mật độ từ thông B sẽ tăng lên nhiều (hình 8.10).

Hình 8.10 Đường cong từ hoá

Trong đó :

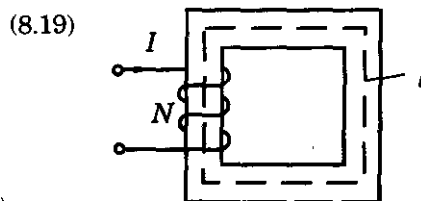
Θ Sức cảm ứng từ (A)

N Số vòng cuộn dây

I Cường độ dòng điện trong cuộn dây (A)

c) Cường độ từ trường :

Cường độ từ trường theo hình 8.9 được tính theo công thức sau :



Hình 8.9 Cường độ từ trường

N số vòng cuộn cảm ứng

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ sự thay đổi từ thông theo thời gian (Wb/s)

Thay các phương trình (8.19) và (8.20a) vào phương trình (8.17), ta có :

$$\Phi = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot A}{l} \cdot i \quad (8.24)$$

Thay phương trình (8.24) vào (8.23), điện áp tự cảm u_{ind} viết được như sau :

$$u_{\text{ind}} = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow u_{\text{ind}} = L \cdot \frac{di}{dt} \quad (8.25)$$

Trong đó :

$$L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} \quad (8.26)$$

Độ tự cảm L của cuộn cảm ứng có chiều dài l với lõi sắt (hình 8.15) :

$$L = N^2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}{l} \quad (8.27)$$

Trong đó :

L Độ tự cảm (Henry : $1H = Vs/A$)

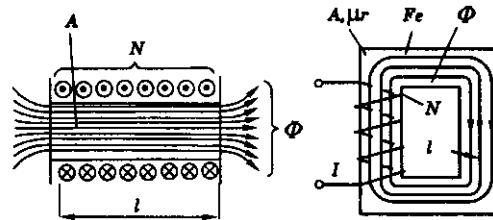
N Số vòng cuộn cảm ứng

μ_0 Hằng số từ trường (Vs/Am)

μ_r Chỉ số thẩm từ

A Diện tích mặt cắt ngang của lõi từ (m^2)

l Chiều dài trung bình của đường sức (m)



Hình 8.15 Độ tự cảm với lõi sắt

c) Cuộn cảm ứng với dòng điện một chiều

Trong mạch điện có cuộn cảm ứng, quá trình chuyển mạch có 3 giai đoạn (hình 8.16)

– Quá trình đóng mạch :

$$U_0 = u_{RV} + u_L \quad (8.28)$$

Sau khi giải phương trình trên, ta có :

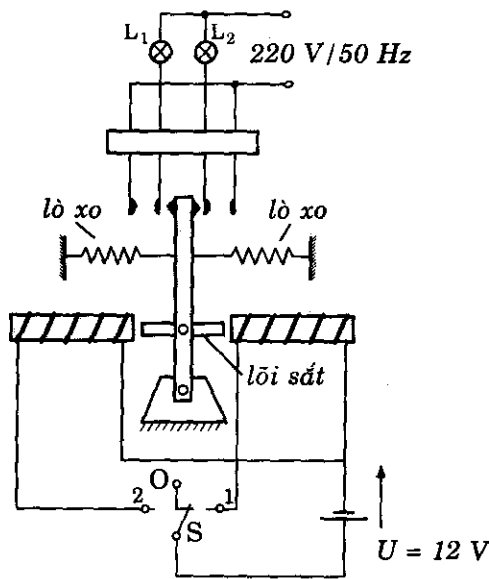
$$i_L = \frac{U_0}{R_v} \left(1 - e^{-\frac{R_v}{L} \cdot t} \right) \quad (8.29)$$

$$u_L = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (8.30)$$

$$\text{trong đó hằng số thời gian } T = L/R_v, \quad (8.31)$$

– Quá trình ổn định : năng lượng điện chuyển đổi thành như năng lượng từ trường $W_m = L \cdot i^2 / 2$, dòng điện chạy qua cuộn dây cảm ứng.

– Quá trình ngắt : xuất hiện dòng điện cảm ứng có khuynh hướng ngăn chặn sự mất đi của từ trường. Với dòng điện này năng lượng từ trường chuyển đổi thành năng lượng điện. Hiệu điện thế $u_L = -u_{RV}$.



Hình 8.13 Nguyên lý hoạt động của role với 3 tiếp điểm.

3. Cảm ứng điện từ

Khi từ thông Φ thay đổi theo thời gian, thì trong cuộn dây cảm ứng sẽ xuất hiện một hiệu điện thế cảm ứng và có giá trị :

$$U_{\text{ind}} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (8.22)$$

Trong đó :

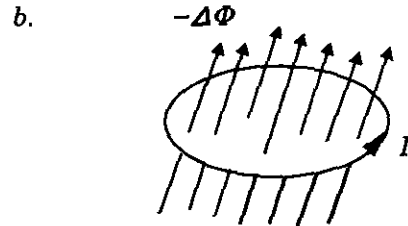
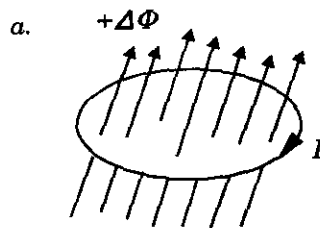
U_{ind} hiệu điện thế cảm ứng (V)

N số vòng cuộn dây cảm ứng

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ thay đổi từ thông theo thời gian (Wb/s)

a) Định luật Lenz

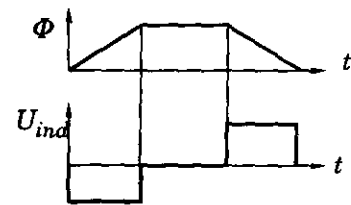
Dòng điện cảm ứng được tạo ra bởi hiệu điện thế cảm ứng luôn có chiều cản trở sự thay đổi của từ thông. Điều đó có nghĩa là khi từ thông tăng $+\Delta\Phi$, dòng điện cảm ứng có chiều biểu diễn ở hình 8.14a và khi từ thông giảm $-\Delta\Phi$, thì dòng điện cảm ứng có chiều biểu diễn ở hình 8.14b.



Hình 8.14 Chiều dòng điện cảm ứng trong dây dẫn khép kín

a. Khi từ thông tăng $+\Delta\Phi$

b. Khi từ thông giảm $-\Delta\Phi$



b) Hiện tượng tự cảm

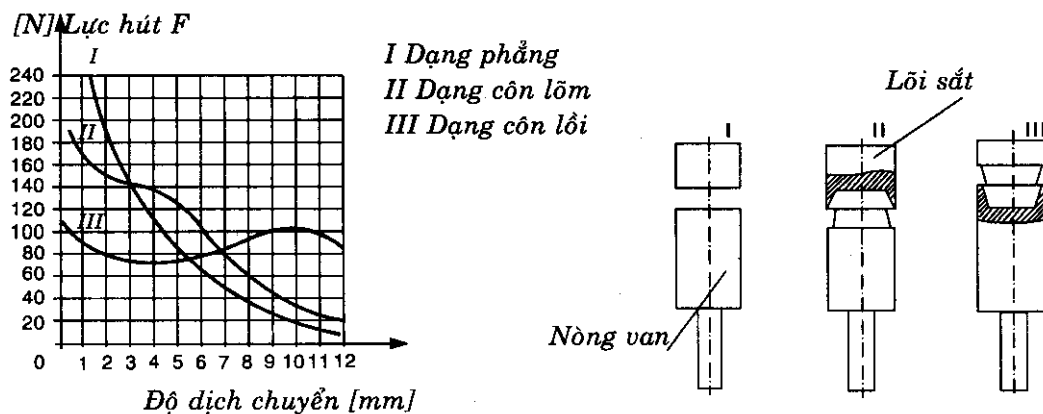
Khi dòng điện trong cuộn tự cảm thay đổi, thì sẽ xuất hiện một điện áp tự cảm và viết được như sau :

$$u_{\text{ind}} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (8.23)$$

Trong đó :

u_{ind} điện áp tự cảm (V)

Sự phụ thuộc độ dịch chuyển của lõi sắt vào lực hút từ trường F của nam châm điện với những hình dạng khác nhau, được biểu diễn ở hình 8.19.



Hình 8.19 Sự phụ thuộc độ dịch chuyển của lõi sắt vào lực hút từ trường F của nam châm điện với những hình dạng khác nhau

d) Cuộn cảm ứng với dòng điện xoay chiều

– Điện trở kháng cảm ứng ở trong mạch điện xoay chiều phụ thuộc vào độ tự cảm L và tần số góc ω :

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (8.32)$$

Trong đó :

X_L Điện trở kháng cảm ứng (Ω)

ω Tần số góc (rad/s)

f Tần số (Hz)

L Độ tự cảm (H)

– Điện trở kháng cảm ứng cũng có công thức như định luật Ohm :

$$X_L = U/I$$

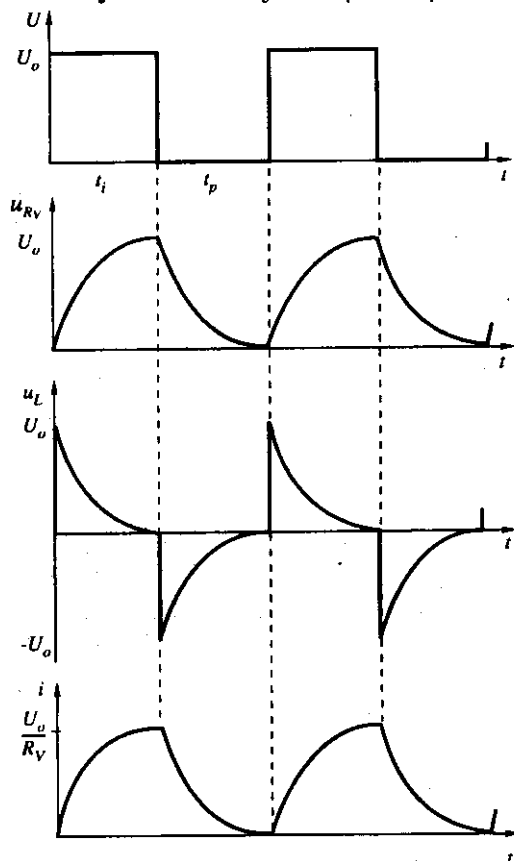
Trong đó :

U Giá trị hiệu dụng hiệu điện thế (V)

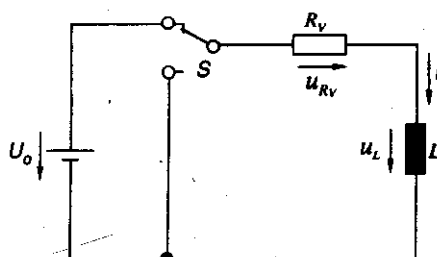
I Giá trị hiệu dụng cường độ dòng điện (A)

– Độ lệch pha hiệu điện thế và cường độ dòng điện của cuộn cảm ứng được biểu diễn ở hình 8.20.

Quá trình chuyển mạch được biểu diễn ở hình 8.17.



Hình 8.17 Đồ thị biểu diễn quá trình chuyển mạch của cường độ dòng điện và hiệu điện thế



Hình 8.16 Sơ đồ quá trình chuyển mạch của cuộn cảm ứng

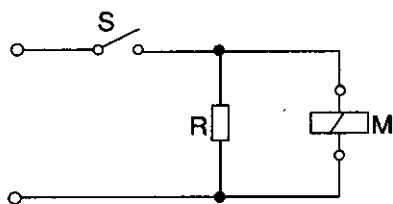
Trong quá trình ngắt, hiệu điện thế u_L có giá trị lớn. Như vậy sẽ làm cho các phần tử trong mạch có thể bị hỏng do hiện tượng gọi là sự tạo ra tia lửa, ví dụ ở vị trí tiếp xúc của công tắc.

Để khắc phục hiện tượng này, một số biện pháp được trình bày trong phần sau đây.

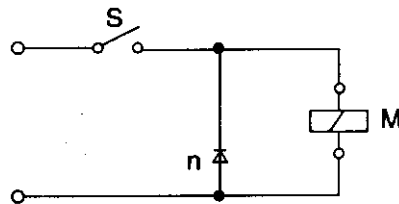
Biện pháp để giảm hiệu điện thế quá tải trong quá trình ngắt của mạch có cuộn cảm ứng được biểu diễn ở hình 8.18 :

- mắc điện trở song song với cuộn cảm ứng (hình 8.18a)
- mắc thêm diốt vào mạch (hình 8.18b)
- mắc điện trở điều chỉnh được song song với cuộn cảm ứng (hình 8.18c)
- mắc thêm tụ điện vào mạch (hình 8.18d).

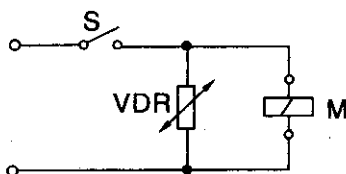
a.



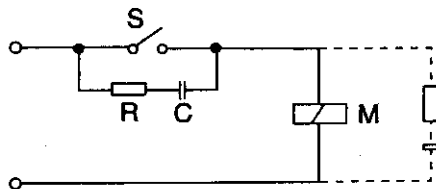
b.



c.



d.



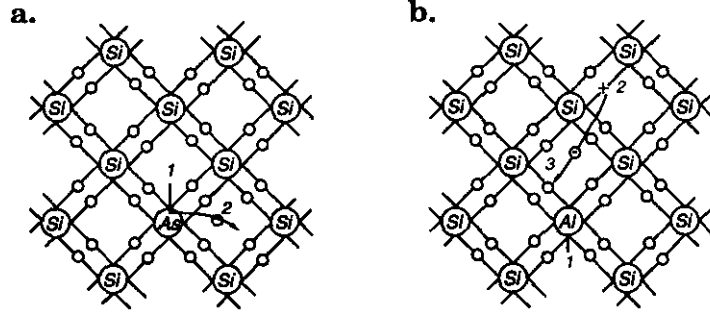
Hình 8.18 Biện pháp để giảm hiệu điện thế quá tải trong quá trình ngắt mạch

Chất bán dẫn N:

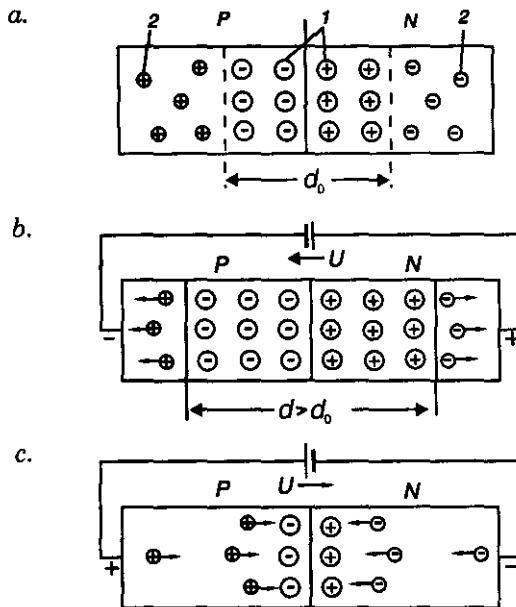
- 1 - nguyên tử tạp có hóa trị 5 (arsen)
- 2 - điện tử tự do mang điện âm

Chất bán dẫn P:

- 1 - nguyên tử tạp có hóa trị 3 (Al)
- 2 - điện tử hạt (lỗ trống) mang điện tích dương
- 3 - liên kết hoàn hảo



Hình 8.22 Sơ đồ của tinh thể silic với chất kích tạp



Hình 8.23 Miền điện tích không gian

b) Điốt

Điốt là chất bán dẫn loại P - N, có 2 cực nối, gọi là cực dương (A) và cực âm (K).

Điốt gồm các loại chính sau :

- Điốt nắn dòng (điốt một chiều) :

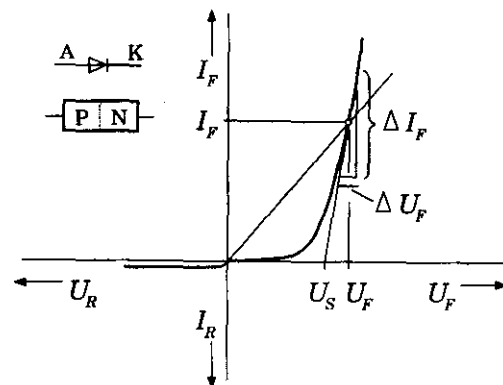
Đường đặc trưng và kí hiệu của điốt silic p - n nắn dòng được biểu diễn ở hình 8.24. Chiều thông sẽ đạt được, khi hiệu điện thế nguồn lớn hơn hiệu điện thế khuếch tán U_s (0,6 - 0,7 V) và cực âm nối với K, cực dương nối với A.

- Miền điện tích không gian :

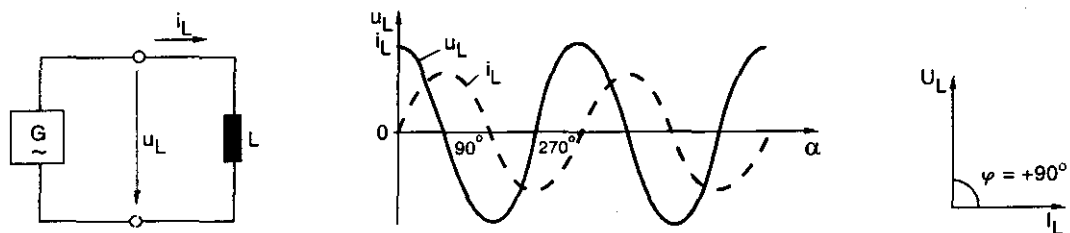
Các ion mang điện tích âm và mang điện tích dương trong lớp ranh giới P-N sẽ sắp xếp biểu diễn theo hình 8.23a. Như vậy trong miền điện tích không gian sẽ có 1 điện trường được tạo ra với mật độ ion có chiều dày d_0 và tạo 1 hiệu điện thế giữa lớp P và N gọi là hiệu điện thế khuếch tán và có giá trị 0,6 - 0,7V (chất bán dẫn silic)

Khi được phân cực như biểu diễn ở hình 8.23b, lớp tiếp giáp p-n với chiều dày d_0 sẽ lớn lên, tuy nhiên sẽ có một dòng điện rất nhỏ chạy qua, và gọi là *chiều đóng*.

Khi được phân cực như biểu diễn ở hình 8.23c, lớp tiếp giáp p-n với chiều dày d_0 sẽ nhỏ dần, điện trở thuần thấp và dòng điện thuận xuất hiện, gọi là *hướng thông*.



Hình 8.24 Điốt nắn dòng

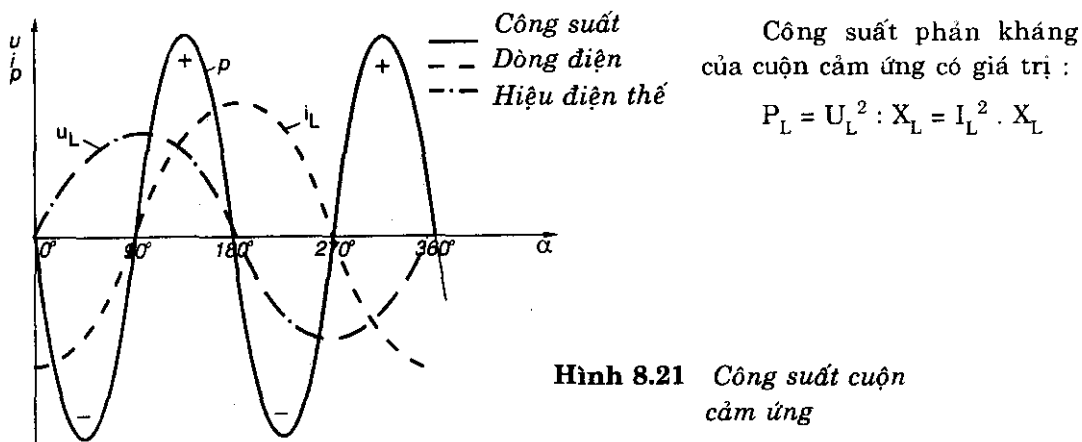


Hình 8.20 Đồ thị lệch pha của hiệu điện thế và cường độ dòng điện qua cuộn cảm ứng.

– Công suất cuộn cảm ứng

Cũng tương tự như công suất của tụ điện, công suất tại thời điểm bất kì của cuộn cảm ứng viết được :

$$P_L = U_L \cdot I_L \quad (8.33)$$



Hình 8.21 Công suất cuộn cảm ứng

II. KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐIỆN TỬ

Trong phần này sẽ trình bày một số phần tử cơ bản và một số mạch cơ bản về lĩnh vực điện tử, mà các kĩ thuật viên, kĩ sư không phải ngành điện – điện tử tham khảo, để có thể đọc được những ứng dụng lĩnh vực điện – điện tử vào chuyên ngành tương ứng (ví dụ : ngành cơ khí).

1. Chất bán dẫn

a) Nguyên tắc hoạt động

Trong mạng tinh thể silic có các chất kích tạp được kiểm soát : chất tạp cho (arsen) hay chất tạp nhận (Al), thì khả năng dẫn điện của silic sẽ thay đổi.

– **Chất bán dẫn N** : là sự kích tạp của silic và chất tạp cho (arsen), xem hình 8.22a. Nguyên tử tạp có hóa trị 5 bằng năng lượng rất nhỏ sẽ ion hóa và giải phóng 1 điện tử tự do và gọi là hạt mang điện chính.

– **Chất bán dẫn P** : là sự kích tạp của silic và chất tạp nhận (Al), xem hình 8.22b. Nguyên tử tạp có hóa trị 3 bằng năng lượng rất nhỏ sẽ ion hóa và giải phóng 1 điện tử hụt (lỗ trống) và gọi là hạt mang điện chính.

c) Tranzito

Tranzito là chất bán dẫn có 3 lớp $P-N-P$ hoặc $N-P-N$.

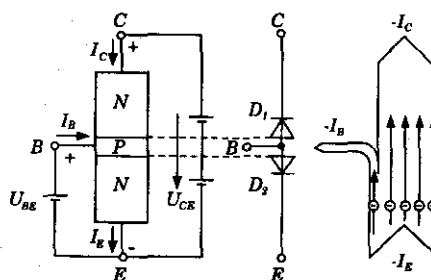
– Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động của transistor lưỡng cực :

Cấu tạo của tranzito lưỡng cực, xem hình 8.29, gồm có 3 cực : cực góp (C), cực gốc (B) và cực phát (E). Đặc điểm quan trọng là lớp P (nối với cực gốc B) rất mỏng ($< 50 \mu m$) và chất tạp rất ít.

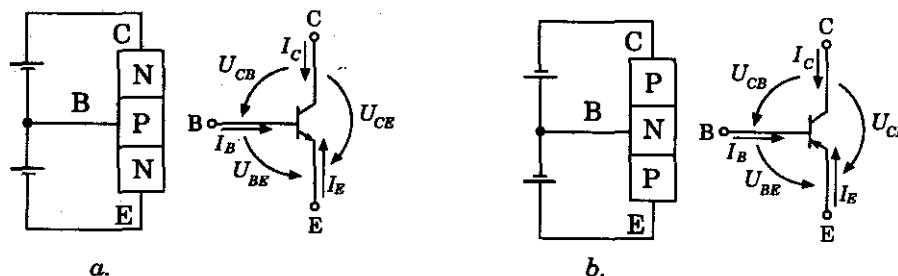
Khi giữa cực C và E đặt một điện áp U_{CE} , điôt D_1 ở chiều bị chặn, tranzito có điện trở cực góp rất lớn. Dòng điện tử ở lớp N của điôt D_2 không thể chuyển động qua lớp P , vì điện áp $U_{BE} = 0$.

Khi tạo một điện áp giữa cực B và E có giá trị $U_{BE} = 0,7 V$, các điện tử tự do ở cực E sẽ qua lớp P . Nhưng lớp P do tính chất là rất mỏng, nên phần lớn (khoảng 90% – 99%) sẽ chuyển động đến cực C và như vậy dòng điện qua tranzito xuất hiện. Chỉ một ít qua cực B và như vậy tạo ra dòng điện cực gốc.

Hình 8.29 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của tranzito lưỡng cực loại $N-P-N$



– Kí hiệu tranzito lưỡng cực trình bày ở hình 8.30.



Hình 8.30 Kí hiệu tranzito lưỡng cực

a. Loại $N - P - N$

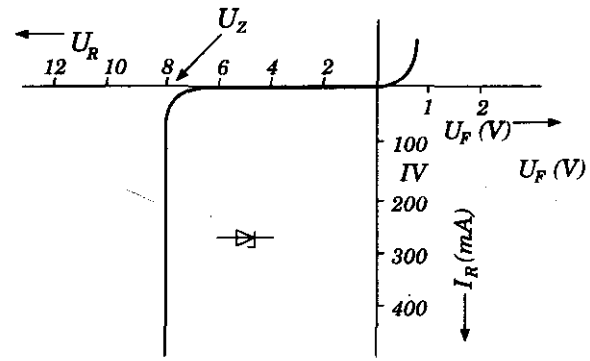
b. Loại $P - N - P$

– Mạch lắp cơ bản của tranzito lưỡng cực có 3 loại chính : mạch tranzito cực gốc chung (hình 8.31a), mạch tranzito cực phát chung (hình 8.31b), mạch tranzito cực góp chung (hình 8.31c).

Khi phân cực ngược lại, dòng ngược I_R có giá trị rất nhỏ (điện trở ngược có giá trị rất lớn $1 \text{ M}\Omega - 10^3 \text{ M}\Omega$), gọi là chiều chắn.

- Điốt Zener (Z-Điốt)

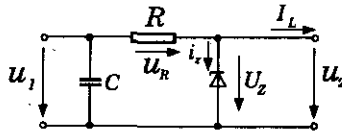
Z-điốt là loại điốt silic p - n, có đặc điểm là trong chiều chắn, tại điểm của hiệu điện thế đánh xuyên U_Z (điện áp ngược) dòng điện sẽ tăng, trong khi đó hiệu điện thế gần như không đổi, xem biểu diễn ở hình 8.25.



Hình 8.25 Z - điốt

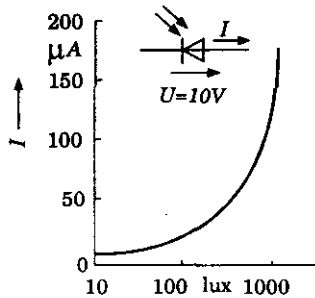
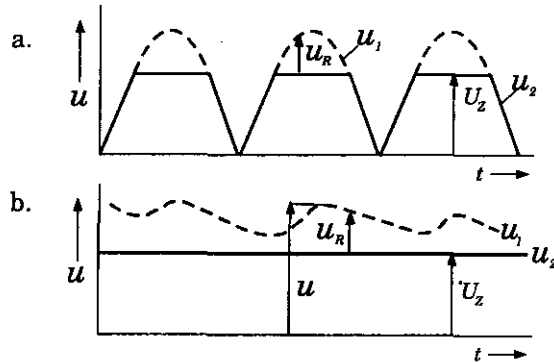
Z-điốt được sử dụng để ổn định hiệu điện thế trong mạch, khi phụ tải thay đổi.

Hình 8.26 sơ đồ mạch dùng Z-điốt để giới hạn hiệu điện thế. Khi $u_1 > U_Z$ phải có điện trở phụ R, để giới hạn hiệu điện thế quá tải $u_R = u_1 - U_Z$.



Hình 8.26 Mạch ổn định hiệu điện thế bằng Z - điốt

- a. hiệu điện thế không có tụ điện
b. hiệu điện thế có tụ điện



- Điốt quang

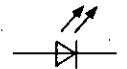
Điốt quang hoạt động trong chiều chắn. Dòng điện I trong mạch sẽ thay đổi trong khoảng vài $\mu\text{A} - 100 \mu\text{A}$, khi có chiếu sáng, được biểu diễn ở hình 8.27.

Hình 8.27 Điốt quang

- Điốt phát sáng (LED - Light Emitting Diode)

Điốt phát sáng hoạt động trong chiều thông, khi cường độ dòng điện qua điốt tăng, cường độ chiếu sáng càng lớn. Tùy theo vật liệu mà có những màu phát sáng khác nhau. Điốt phát sáng được ứng dụng như phần tử phát sáng trong các phần tử điều khiển, kí hiệu điốt phát sáng trình bày ở hình 8.28.

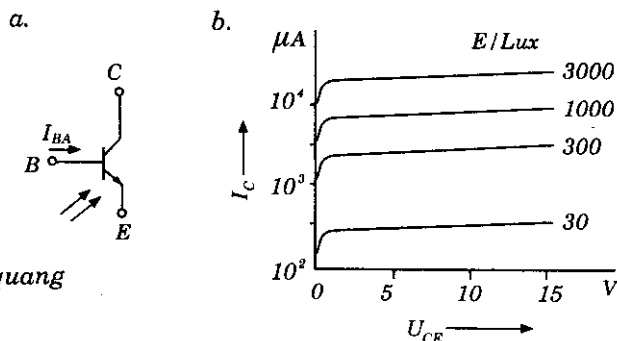
Hình 8.28 Điốt phát sáng



Hình 8.33 Tranzito quang

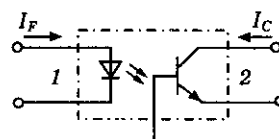
a. Kí hiệu

b. Đường đặc trưng của tranzito quang



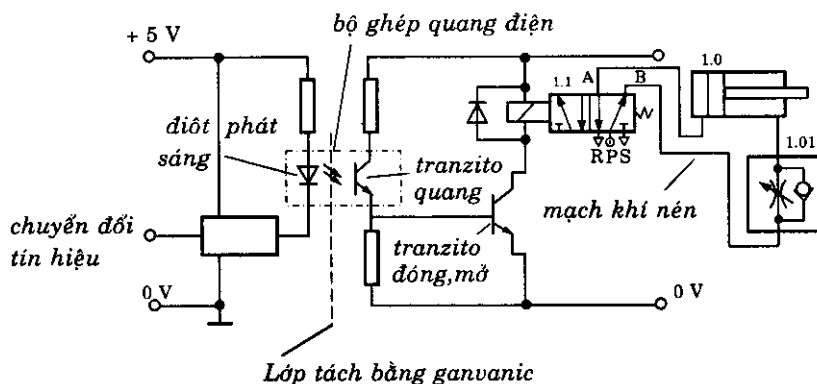
d) Bộ ghép quang điện

Bộ ghép quang điện gồm 2 phần tử : diôt phát sáng và tranzito quang (hình 8.34). Khi ánh sáng của diôt phát sáng 1 (phát tín hiệu) tác động vào cực gốc B của tranzito quang 2 (nhận tín hiệu), mạch hoạt động.



Hình 8.34 Bộ ghép quang điện

Trong thực tế người ta sử dụng bộ ghép quang điện để khuếch đại tín hiệu, đóng mở mạch... Hình 8.35 là ví dụ ứng dụng bộ ghép quang điện để đóng, mở mạch cho nam châm điện một chiều của van đảo chiều.



Hình 8.35 Bộ ghép quang điện để đóng, mở mạch nam châm điện

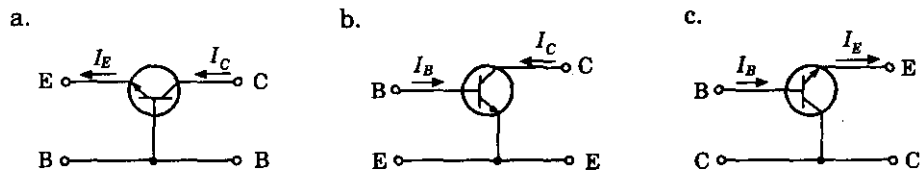
e) Thiristo

Thiristo là chất bán dẫn, được ứng dụng như là bộ chuyển mạch với tần số đến vài kHz.

– Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động

Thiristo bao gồm 2 lớp P và 2 lớp N (hình 8.36). Lớp bên ngoài P nối với cực dương (A) và lớp N nối với cực âm (K). Lớp P ở bên trong nối với cửa điều khiển G. Như vậy có 3 miền chuyển tiếp P – N và được thay bằng 3 diôt D_1 , D_2 và D_3 .

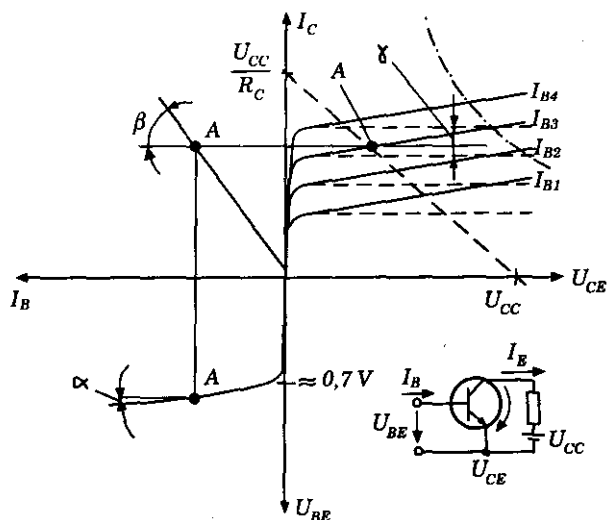
Khi $U_{AK} > 0$, diôt D_2 bị chẵn. Khi $U_{AK} < 0$, các diôt D_1 và D_3 bị chẵn. Khi đặt điện áp $U_G > 0$, đồng thời $U_{AK} > 0$, thiristo sẽ cho dòng điện chạy qua. Trạng thái này sẽ được duy trì, mặc dầu khi $U_G = 0$, cho đến chừng nào dòng điện mạch ngoài vẫn còn



Hình 8.31 Mạch lắp cơ bản của tranzito lưỡng cực

– Đường đặc trưng của tranzito lưỡng cực

Tranzito lưỡng cực có 3 loại đường đặc trưng chính (hình 8.32)



Hình 8.32 Đường đặc trưng của tranzito lưỡng cực

+ Đường đặc trưng điều khiển, là sự phụ thuộc dòng cực gốc I_B và dòng cực góp I_C :

$$I_C = f(I_B)$$

+ Đường đặc trưng đầu vào : là sự phụ thuộc điện áp cực gốc U_{BE} và dòng cực gốc I_B :

$$I_B = f(U_{BE})$$

+ Đường đặc trưng đầu ra : là sự phụ thuộc hiệu điện thế giữa cực góp, cực phát U_{CE} và dòng cực góp I_C :

$$I_C = f(U_{CE})$$

– Từ đường đặc trưng điều khiển, ta có hệ số khuếch đại dòng điện :

$$\beta = I_C : I_B \quad U_{CE} = \text{hằng số} \quad \text{cho dòng điện một chiều}$$

$$\beta = \Delta I_C : \Delta I_B \quad U_{CE} = \text{hằng số} \quad \text{cho dòng điện xoay chiều}$$

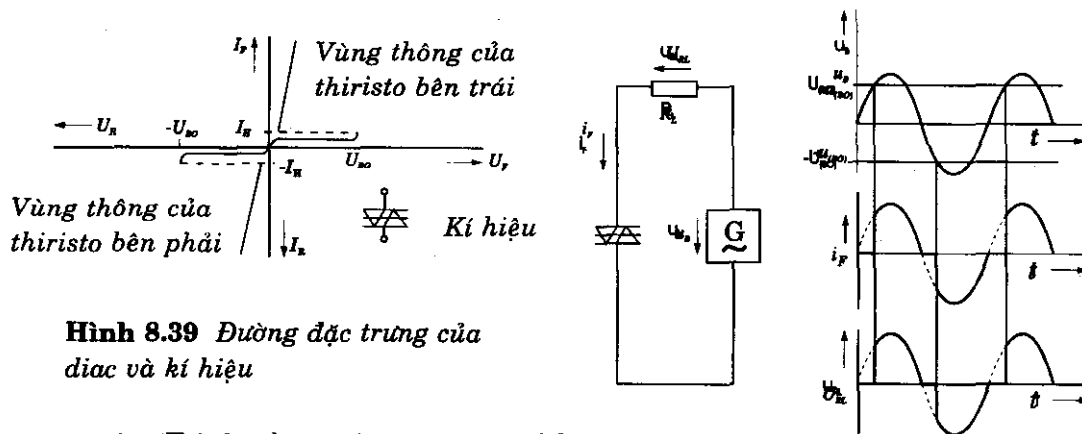
Từ đường đặc trưng đầu vào (tương tự như đường đặc trưng diôt), ta có điện trở đầu vào :

$$R_{BE} = U_{BE} : I_B \quad U_{CE} = \text{hằng số} \quad \text{cho dòng điện một chiều}$$

$$r_{BE} = \Delta U_{BE} : \Delta I_B \quad U_{CE} = \text{hằng số} \quad \text{cho dòng điện xoay chiều}$$

d) Tranzito quang

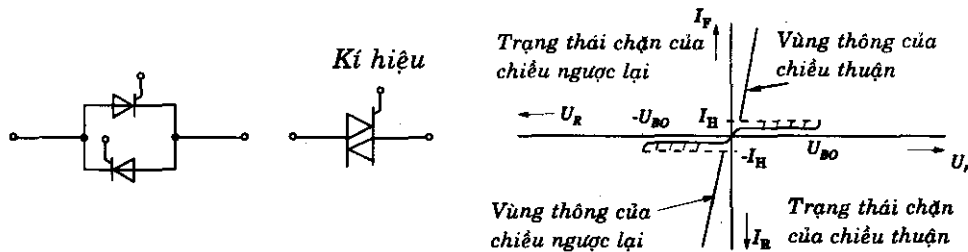
Khi ánh sáng tác động vào cực gốc B, tranzito sẽ hoạt động, sự phụ thuộc hiệu điện thế giữa cực góp, cực phát và dòng cực góp I_C với những giá trị cường độ ánh sáng khác nhau được biểu diễn ở hình 8.33.



Hình 8.39 Đường đặc trưng của diac và kí hiệu

~ Triac (Triode alternating current switch)

Triac là cặp thiristo điôt lắp song song ngược đầu nhau. Đường đặc trưng và kí hiệu của triac được biểu diễn ở hình 8.40.



Hình 8.40 Đường đặc trưng của triac và kí hiệu

2. Sơ đồ mạch thông dụng

a) Sơ đồ mạch nắn dòng điện xoay chiều

Mạch nắn dòng là chuyển dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều bằng điôt, tranzito hoặc thiristo. Giá trị trung bình hiệu điện thế một chiều U_g được tính theo công thức sau :

$$w_u = U_u : U_g$$

Trong đó :

w_u Độ gợn sóng

U_u Giá trị hiệu dụng hiệu điện thế xoay chiều

U_g Giá trị trung bình hiệu điện thế một chiều.

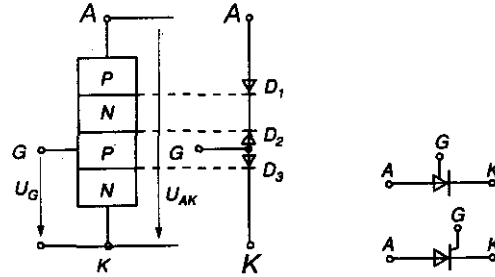
~ Mạch diêm giữa 1 xung (mạch 1 đường) biểu diễn ở hình 8.41.

$$U_g = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U \quad w_u = 1,21 \quad f_u = f$$

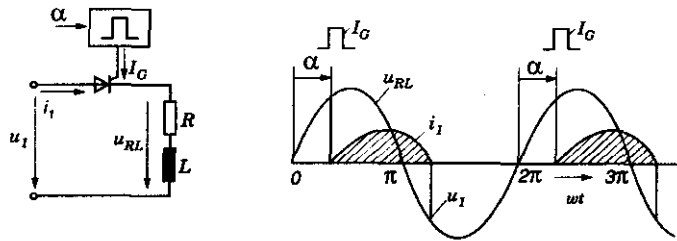
Trong đó f tần số cơ bản (Hz)

đủ lớn. Khi dòng điện mạch ngoài giảm xuống đến mức nào đó, *thiristo* sẽ bị chặn.

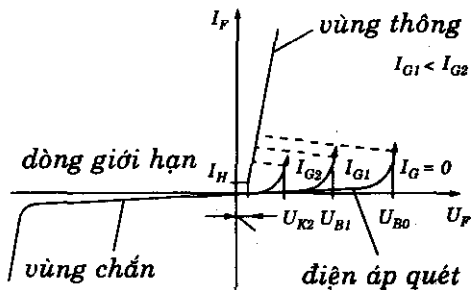
Hình 8.36 Nguyên tắc hoạt động và kí hiệu *thiristo*



Như vậy *thiristo* được xem như là 1 diôt, và được đóng mạch bằng dòng điều khiển I_G . Hình 8.37 là ví dụ minh họa, để làm sáng tỏ nguyên tắc hoạt động của *thiristo*. Khi *thiristo* được kích tại góc điều khiển α ($0^\circ < \alpha < 180^\circ$), dòng điện i_1 sẽ qua *thiristo*. Bởi vì trong mạch có cuộn tự cảm L, nên dòng điện i_1 vẫn duy trì đến u_1 .



Hình 8.37 *Thiristo* với mạch R-L



Hình 8.38 Đường đặc trưng của *thiristo*

– Đường đặc trưng của *thiristo*

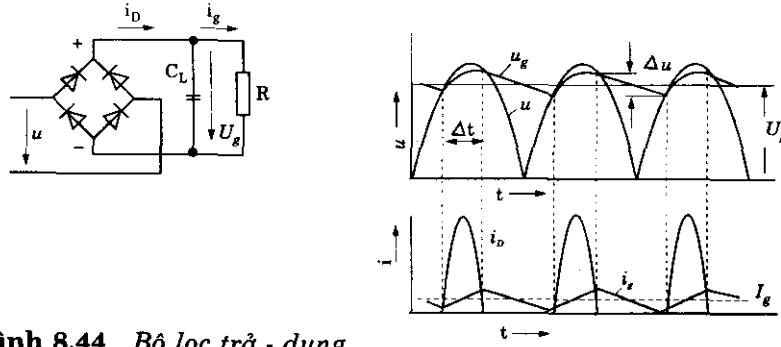
+ Đặc trưng cho *thiristo* là điện áp quét U_{BO} (điện áp giữa A – K) : điện áp cần thiết để *thiristo* chuyển sang vùng thông.

+ Dòng giới hạn I_H là dòng điện giới hạn nhỏ nhất, để *thiristo* duy trì vùng thông.

+ Dòng I_G : dòng điều khiển ở cửa G, để *thiristo* chuyển sang vùng thông (hình 8.38).

– Diac (Diode alternating current swich)

Diac là cặp *thiristo* bốn cực lắp ngược đầu nhau. Đường đặc trưng và ví dụ ứng dụng được biểu diễn ở hình 8.39.



Hình 8.44 Bộ lọc trở - dung

Như vậy độ gợn sóng ΔU còn rất nhỏ. Giá trị trung bình của độ gợn sóng đó của hiệu điện thế một chiều U_g gọi là *điện áp tiếng ừ* U_{br} và có giá trị :

$$U_{br} \approx \frac{\Delta U}{2 \cdot \sqrt{2}}$$

Trong đó ΔU phụ thuộc vào *tụ điện* và có giá trị :

$$\Delta U = \frac{I_g}{2 \cdot f \cdot C_L}$$

C_L *điện dung tụ điện (F)*

f *tần số cơ bản (Hz)*

– *Bộ lọc san bằng*

Sau bộ lọc trở -dung, *điện áp tiếng ừ* U_{br} vẫn còn có giá trị lớn. Tiếp tục giảm *điện áp tiếng ừ*, người ta sử dụng bộ lọc san bằng gồm : bộ lọc thông thấp RC hoặc LC. mạch biểu diễn ở hình 8.45. Sự liên hệ giữa *điện áp tiếng ừ* trước bộ lọc thông thấp U_{br1} và sau bộ lọc thông thấp U_{br2} được đặc trưng bởi hệ số gợn sóng s :

$$s = \frac{U_{br1}}{U_{br2}}$$

Trong đó :

U_{br1} *điện áp tiếng ừ trước bộ lọc thông thấp (V)*

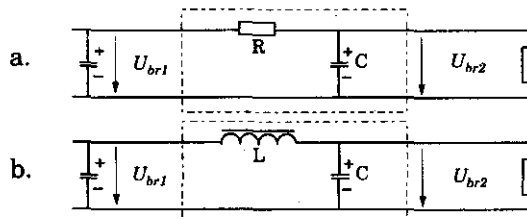
U_{br2} *điện áp tiếng ừ sau bộ lọc thông thấp (V)*

s *hệ số gợn sóng*

Hình 8.45 Bộ lọc san bằng

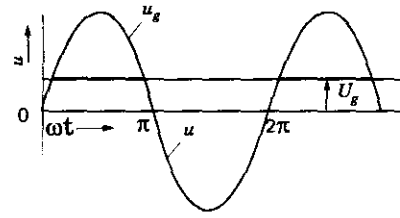
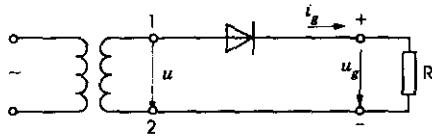
a. bộ lọc thông thấp RC

b. bộ lọc thông thấp LC



– *Mạng điện thông dụng*

Mạng điện thông dụng gồm các phần tử cơ bản trình bày ở hình 8.46.

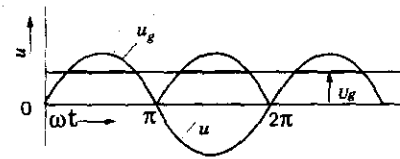
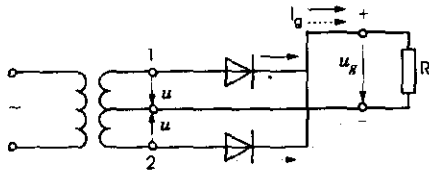


Hình 8.41 Mạch điểm giữa 1 xung (mạch 1 đường)

– Mạch điểm giữa 2 xung

Mạch điểm giữa 2 xung được biểu diễn ở hình 8.42. Giá trị trung bình của hiệu điện thế một chiều U_g được tính theo công thức sau :

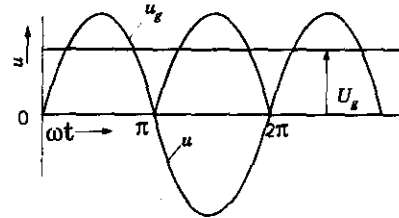
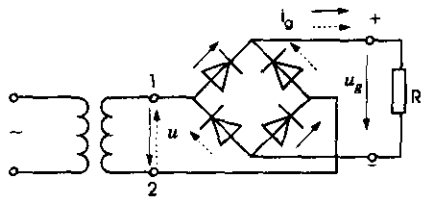
$$U_g = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U \quad w_u = 0,483 \quad f_u = 2f$$



Hình 8.42 Mạch điểm giữa 2 xung

– Mạch cầu 2 xung

Mạch cầu 2 xung được biểu diễn ở hình 8.43. Giá trị trung bình của hiệu điện thế một chiều U_g được tính theo công thức như mạch điểm giữa 2 xung.



Hình 8.43 Mạch cầu 2 xung

– Mạch giảm gợn sóng (bộ lọc gợn sóng)

Dòng điện một chiều sau khi nắn dòng, độ gợn sóng w_u vẫn còn có giá trị lớn. Biện pháp để thực hiện giảm độ gợn sóng là sử dụng bộ lọc trở – dung (hình 8.44).

Khi $u > u_g$, tụ điện sẽ nạp, thực hiện quá trình nạp. Trong khoảng thời gian Δt , dòng điện i_D chạy qua tụ điện. Trong thời gian $u < u_g$, điôt bị chặn, và tụ điện sẽ phóng điện, u_g sẽ giảm phụ thuộc vào hằng số thời gian $T = R \cdot C_L$.

$$U_B = I_C \cdot R_C + U_{CE}$$

Như vậy :

$$I_C = \frac{U_B}{R_C} - \frac{U_{CE}}{R_C}$$

Từ đường đặc trưng $I_C = f(U_{CE})$, ta xác định đường thẳng g .

Vị trí điểm A nằm trên đường thẳng g được xác định bằng dòng cực gốc I_{BA} . Để xác định dòng cực gốc I_{BA} , cần phải biết hiệu điện thế U_{BEA} và như vậy chỉ cần điều chỉnh các biến trở R_1 và R_2 . Dòng điện I_2 nên chọn bằng 5 đến 10 lần I_{BA} .

Giá trị của các điện trở :

$$R_C = \frac{U_B - U_{CA}}{I_{CA}}$$

$$R_1 = \frac{U_B - U_{BA}}{I_2 + I_{BA}}$$

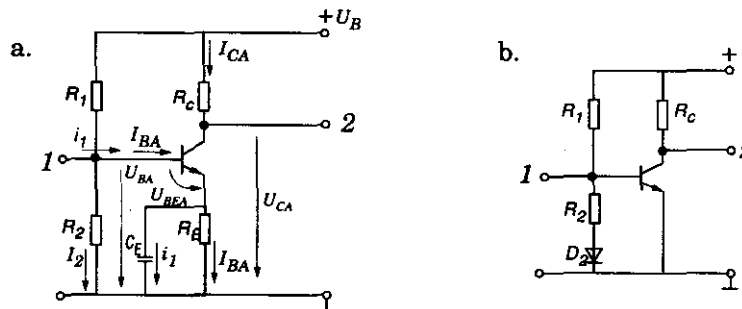
$$R_2 = \frac{U_{BA}}{I_2}$$

Chọn điểm làm việc U_{CA} và I_{CA} , sau đó xác định $I_{BA} = I_{CA}/B$. Để dòng điện một chiều không vượt qua cửa vào 1 và cửa ra 2, lắp 2 tụ điện chặn C_1 và C_2 vào mạch.

* Ổn định vị trí điểm làm việc A :

Khi điện trở trong của tranzito giảm xuống (ví dụ do thay đổi nhiệt độ), dòng điện I_C với R_1 , R_2 và R_C không đổi sẽ tăng lên. Như vậy điểm A trên đường thẳng g sẽ dịch lên phía trên. Để điểm A không dịch chuyển, trong mạch lắp thêm điện trở R_E (hình 8.48a). Khi dòng điện cực góp I_C tăng, dòng điện cực phát I_E cũng tăng. Với điện áp thừa $U_E = I_E \cdot R_E$ điện áp U_{BE} sẽ giảm xuống. Để dòng điện i_1 , không phải đi qua R_E , trong mạch lắp thêm tụ điện rơ C_E để dòng điện xoay chiều đi qua.

Hình 8.48b mạch ổn định vị trí làm việc A bằng điốt D_2 .

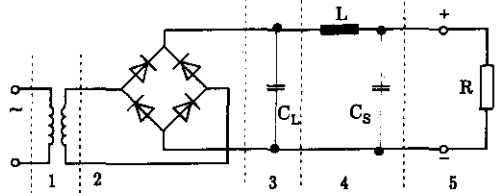


Hình 8.48 Mạch ổn định vị trí làm việc A

a. Sơ đồ mạch với điện trở R_E

b. Sơ đồ mạch với điốt D_2

- 1- Máy biến thế
- 2- Bộ nắn dòng
- 3- Bộ lọc gọn sóng
- 4- Bộ lọc san bằng
- 5- Phụ tải



Hình 8.46 Mạng điện thông dụng

b) Bộ khuếch đại

Bộ khuếch đại có nhiệm vụ là khuếch đại tín hiệu (*hiệu điện thế, dòng điện...*) đến giá trị theo yêu cầu. Để thực hiện nhiệm vụ trên, người ta sử dụng *tranzito lưỡng cực*.

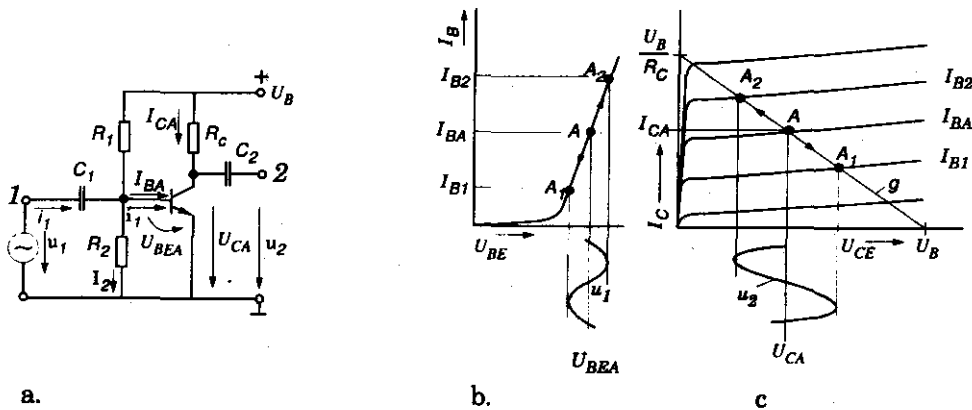
Bộ khuếch đại với công suất nhỏ gọi là bộ khuếch đại hạng A. Bộ khuếch đại với công suất lớn gọi là bộ khuếch đại hạng B. Trong kĩ thuật có nhiều loại khác nhau, phần tiếp theo trình bày nguyên lí hoạt động của *bộ khuếch đại cực phát chung*.

– Bộ khuếch đại cực phát chung

Bộ khuếch đại hiệu điện thế cực phát chung biểu diễn ở hình 8.47a. Đầu vào của bộ khuếch đại 1 là *hiệu điện thế xoay chiều* u_1 . Để 2 nửa chu kì dao động có thể thực hiện được, điểm làm việc A phải nằm ở giữa đường đặc trưng (hình 8.47 b và c). Hiệu điện thế u_1 gây ra dòng điện cực gốc thay đổi trong phạm vi I_{B1} và I_{B2} tương ứng điểm A_1 và A_2 ở đường đặc trưng vào (*đường đặc trưng* $I_B = f(U_{BE})$). Đầu ra của bộ khuếch đại tương ứng với các điểm A_1 và A_2 (*đường đặc trưng* $I_C = f(U_{CE})$) là *hiệu điện thế* u_2 và có giá trị:

$$u_2 = -V_u \cdot u_1$$

Dấu -, có nghĩa là tín hiệu vào và tín hiệu ra lệch nhau một góc pha là 180° .

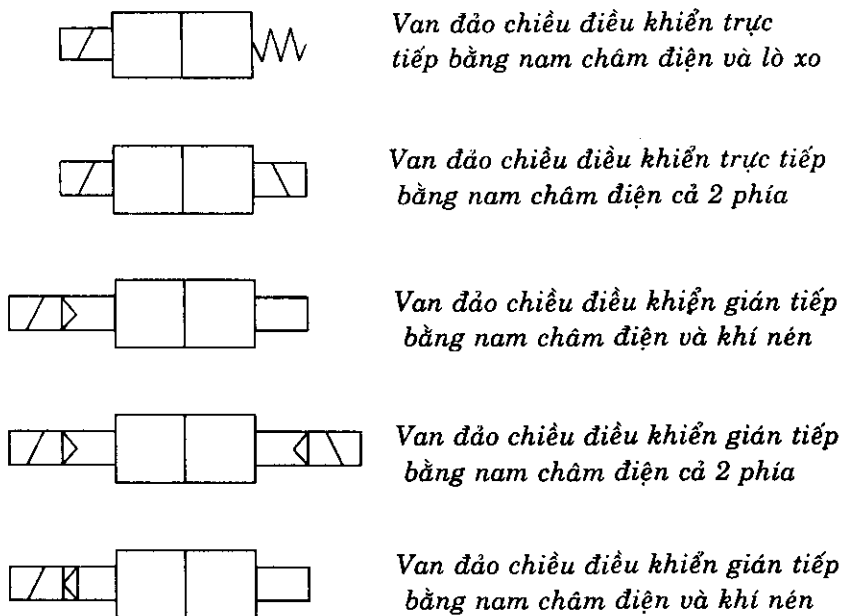


Hình 8.47 Xác định điểm làm việc của tranzito

- a. Sơ đồ mạch
- b. Đường đặc trưng đầu vào
- c. Đường đặc trưng đầu ra

* *Xác định điểm làm việc A :*

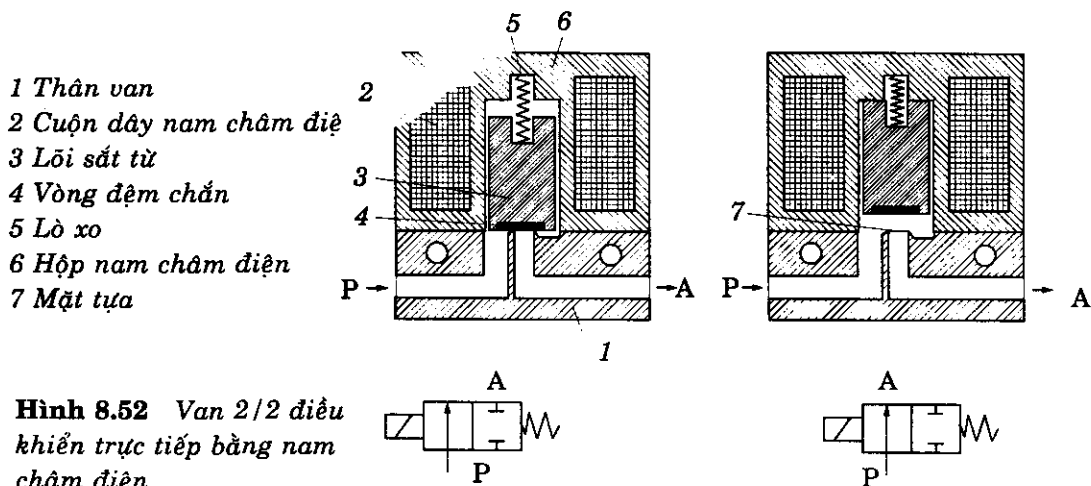
Vị trí điểm A được xác định bằng dòng điện điều khiển một chiều với các điện trở R_C , R_1 và R_2 . Ta có :



Hình 8.51 Kí hiệu các loại điều khiển

b) Điều khiển trực tiếp

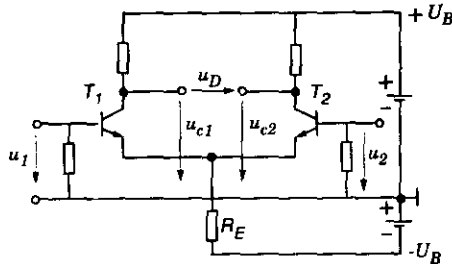
Hình 8.52 biểu diễn cấu tạo và kí hiệu của van 2/2 điều khiển trực tiếp bằng nam châm điện.



Cấu tạo và kí hiệu của van đảo chiều 3/2 điều khiển trực tiếp bằng nam châm điện được biểu diễn ở hình 8.53.

– Bộ khuếch đại sai động

Bộ khuếch đại phân trước có nhược điểm là cho khuếch đại dòng điện một chiều không thích hợp. Để khắc phục người ta sử dụng bộ khuếch đại sai động (vi sai), sơ đồ

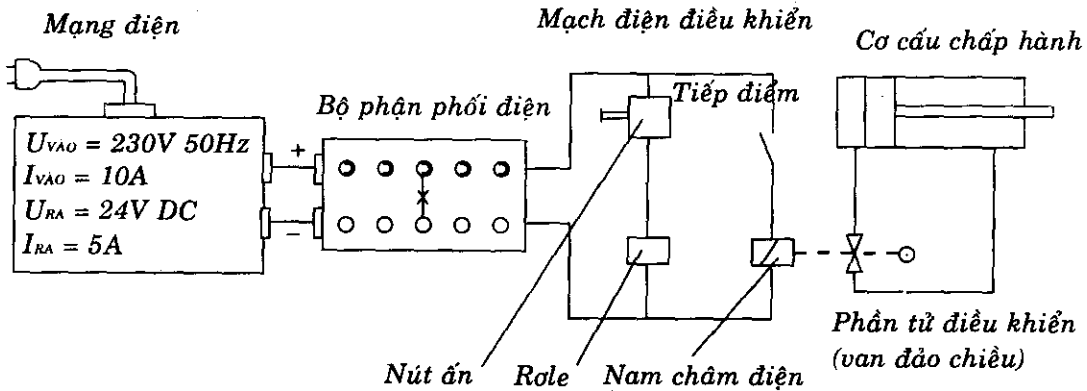


ở hình 8.49. Bộ khuếch đại sai động có đặc điểm là các cực gốc nối với đất, như vậy tụ điện chặn không cần thiết. Khi hiệu điện thế vào u_1 và u_2 là điện áp phân cực, thì hiệu điện thế ra u_{c1} và u_{c2} cũng điện áp phân cực. Hiệu điện thế khuếch đại $u_D = u_{c1} - u_{c2}$.

Hình 8.49 Bộ khuếch đại sai động (vi sai)

III. CÁC PHẦN TỬ ĐIỆN - KHÍ NÉN

Hệ thống lắp ráp điện - khí nén được biểu diễn một cách tổng quát theo hình 8.50. Mạch điện điều khiển thông thường là dòng điện một chiều. Phần tiếp theo sẽ trình bày cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các phần tử điện, khí nén. Từ đó làm cơ sở cho thiết kế các mạch điều khiển bằng điện - khí nén.



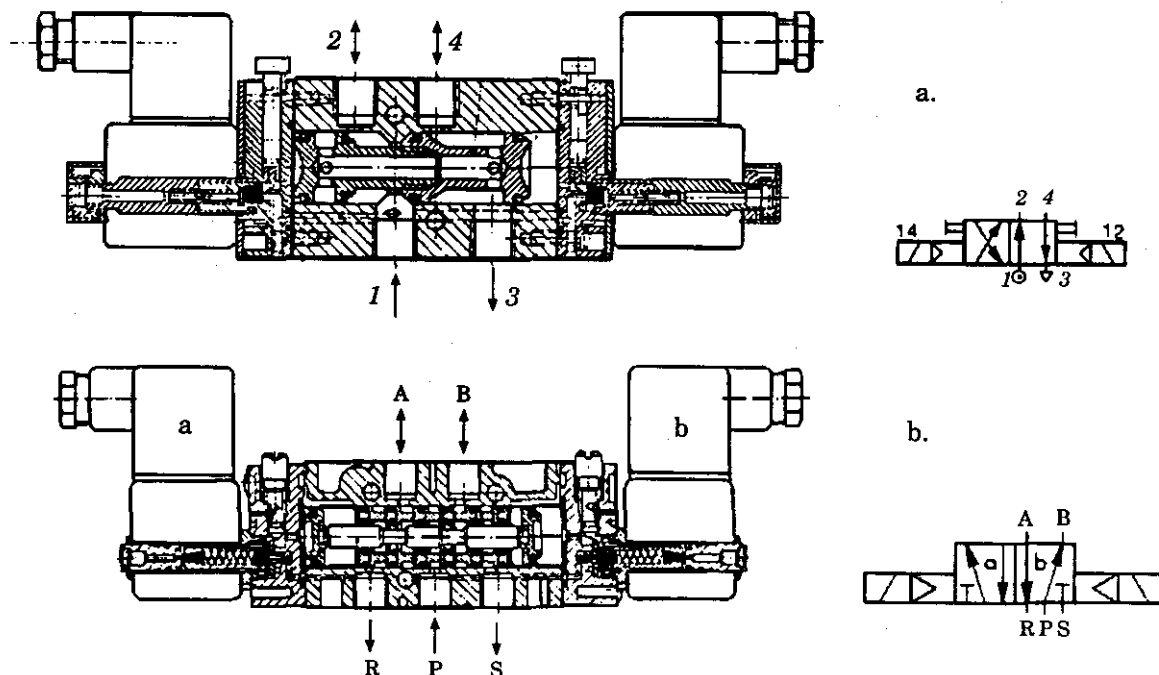
Hình 8.50 Hệ thống lắp ráp điện - khí nén

1. Van đảo chiều điều khiển bằng nam châm điện

a) Ký hiệu

Van đảo chiều điều khiển bằng nam châm điện kết hợp với khí nén có thể điều khiển trực tiếp ở 2 đầu nòng van hoặc là gián tiếp qua van phụ trợ. Hình 8.51 biểu diễn một số ký hiệu loại điều khiển.

d) Một số van đảo chiều



Hình 8.56 Cấu tạo và kí hiệu van đảo chiều (hãng Herion)

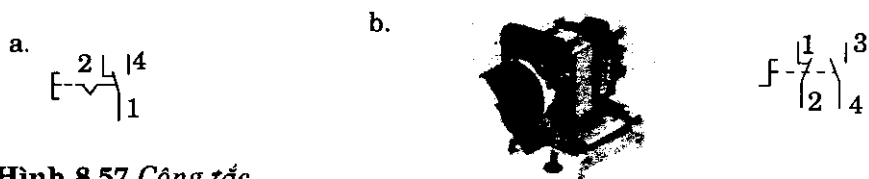
a. Van 4/2 điều khiển gián tiếp bằng nam châm điện và khí nén

b. Van 5/2 điều khiển gián tiếp bằng nam châm điện và khí nén

2. Các phần tử điện

a) Công tắc

Trong kĩ thuật điều khiển, công tắc, nút ấn thuộc các phần tử đưa tín hiệu. Hình 8.57 giới thiệu hai loại công tắc thông dụng. Công tắc đóng – mở (on – off switch), xem hình 8.57a và công tắc chuyển mạch quay, xem hình 8.57b.



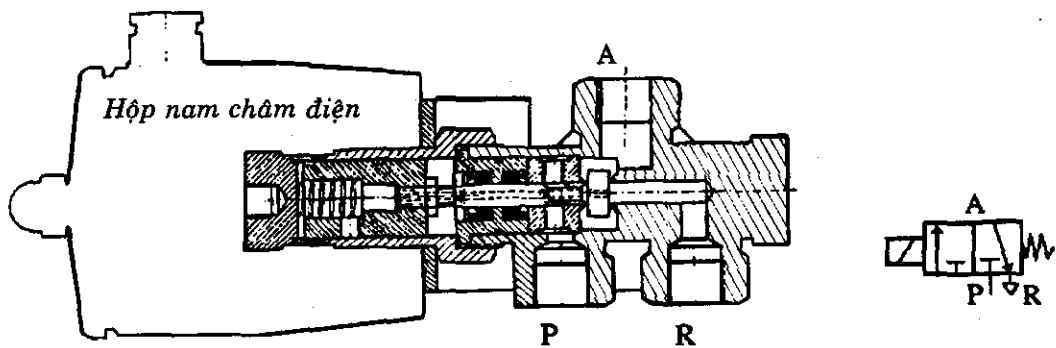
Hình 8.57 Công tắc

a. Công tắc đóng - mở

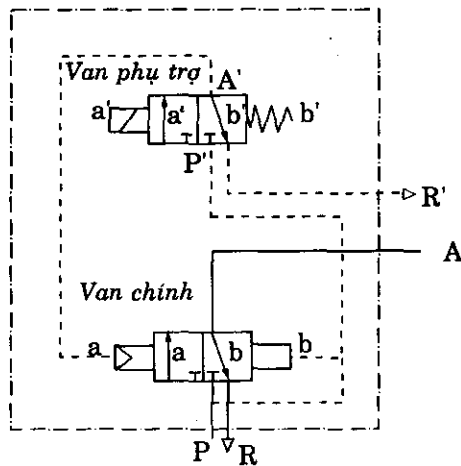
b. Công tắc chuyển mạch

b) Nút ấn

1. Nút ấn đóng – mở ở hình 8.58a, khi chưa tác động thì chưa có dòng điện chạy qua (mở), khi tác động (nhấn) dòng điện đi qua 3 – 4. Nút ấn chuyển mạch, sơ đồ cấu tạo và kí hiệu trình bày ở hình 8.58b.



Hình 8.53 Van 3/2 điều khiển trực tiếp bằng điện và lò xo

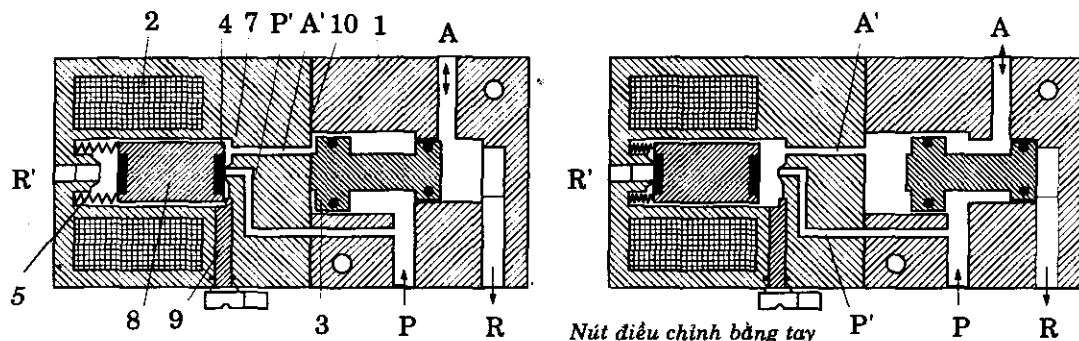


Hình 8.54 Van 3/2 điều khiển gián tiếp bằng nam châm điện và khí nén

c) Điều khiển gián tiếp

Nguyên lý hoạt động của van đảo chiều 3/2 điều khiển gián tiếp bằng nam châm điện và khí nén được biểu diễn ở hình 8.54, gồm 2 van : van chính và van phụ trợ. Khi van ở vị trí "không", cửa nối với nguồn P sẽ nối với nhánh b, để van chính nằm ở vị trí b.

Cấu tạo của van đảo chiều 3/2 điều khiển gián tiếp bằng nam châm điện được biểu diễn ở hình 8.55.

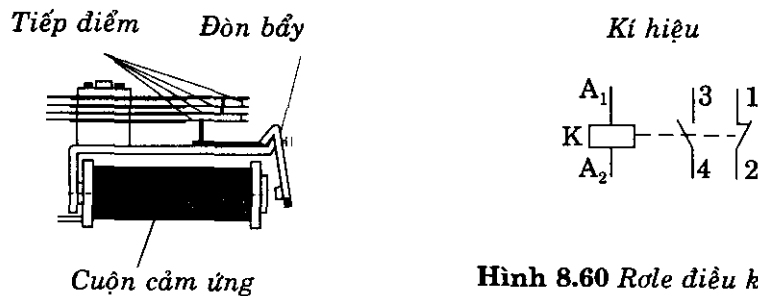


- 1 Thân van chính
- 2 Cuộn dây
- 3 Nòng van
- 4 Vòng đệm chắn
- 5 Lò xo
- 7 Mặt tựa
- 8 Lõi sắt từ
- 9 Nút điều chỉnh bằng tay
- 10 Vòng đệm chắn

Hình 8.55 Cấu tạo và kí hiệu van đảo chiều 3/2 điều khiển gián tiếp bằng nam châm điện và khí nén

– Role điều khiển

Nguyên lí hoạt động của *role điều khiển* cũng tương tự như role đóng mạch (xem biểu diễn và kí hiệu ở hình 8.60) ; khác role đóng mạch ở chỗ là *role điều khiển* đóng, mở cho mạch có công suất nhỏ và thời gian đóng, mở của các tiếp điểm rất nhỏ (1 ms đến 10 ms).



Hình 8.60 Role điều khiển

Kí hiệu role theo DIN 40 713 biểu diễn ở hình 8.61.

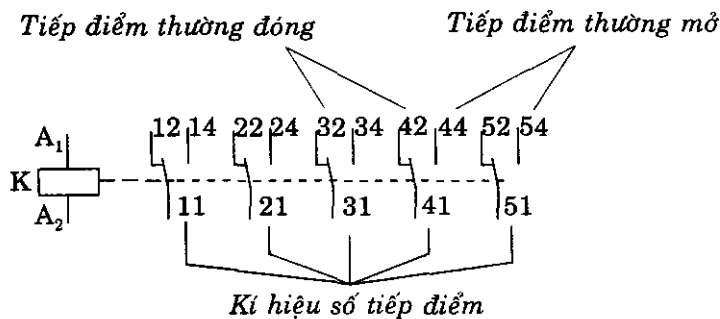
K Role

A₁ Cửa nối với cực dương +

A₂ Cửa nối với cực âm –

Tiếp điểm thường mở kí hiệu 3 – 4

Tiếp điểm thường đóng kí hiệu 1 – 2

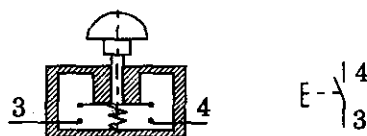


Hình 8.61 Kí hiệu role theo DIN 40713

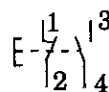
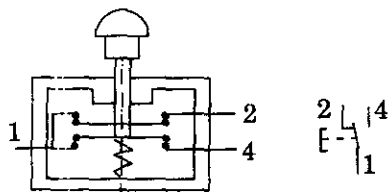
– Role thời gian tác động muộn

Nguyên lí hoạt động của *role thời gian tác động muộn* (hình 8.62) : tương tự như role thời gian tác động muộn của phần tử khí nén, *diôt* tương đương như *van một chiều*, *tụ điện* như *bình tích chứa*, *biến trở* R_1 như *van tiết lưu*. Đồng thời *tụ điện* có nhiệm vụ *giảm điện áp quá tải* trong quá trình ngắt.

a.



b.



Hình 8.58 Nút ấn

a. Nút ấn đóng - mở

b. Nút ấn chuyển mạch

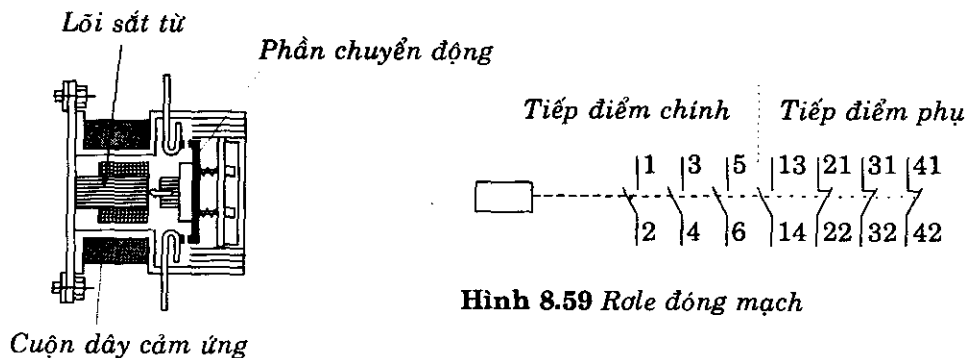
c) Role

Trong kĩ thuật điều khiển, *role* được sử dụng như là *phần tử xử lí tín hiệu*. Có nhiều loại *role* khác nhau, tùy theo công dụng. Phần trình bày tiếp theo sẽ giới thiệu một số loại *role* thông dụng, ví dụ như *role* công suất, *role* đóng - mở, *role* điều khiển, *role* thời gian.

Nguyên tắc hoạt động của *role* là từ trường cuộn dây, xem mục I-2. Trong quá trình đóng, mở sẽ có hiện tượng tự cảm, để khắc phục hiện tượng đó, xem mục I-3-c.

– *Role* đóng mạch

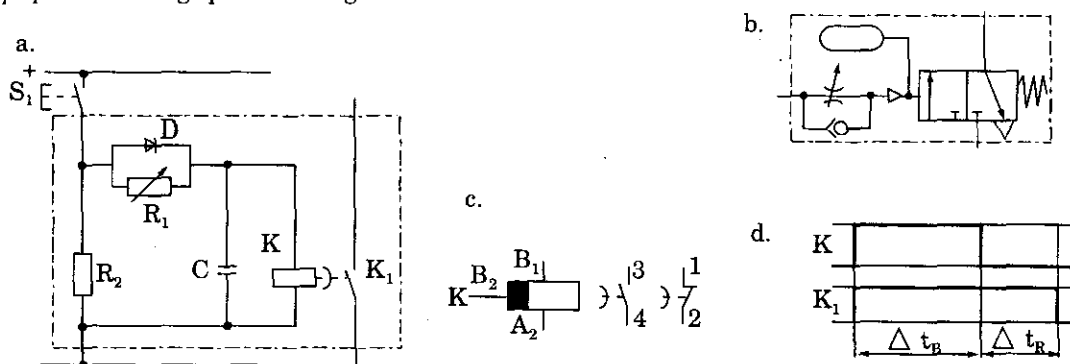
Nguyên lí hoạt động của *role* đóng mạch được biểu diễn ở hình 8.59. Khi dòng điện vào cuộn dây cảm ứng, xuất hiện lực từ trường sẽ hút lõi sắt, trên đó có lắp các tiếp điểm. Các tiếp điểm có thể là các *tiếp điểm chính* để đóng, mở mạch chính và các *tiếp điểm phụ* để đóng mở mạch điều khiển. *Role* đóng mạch ứng dụng cho mạch có công suất lớn từ 1 kW - 500kW.



Hình 8.59 Role đóng mạch

– Role thời gian nhả muộn

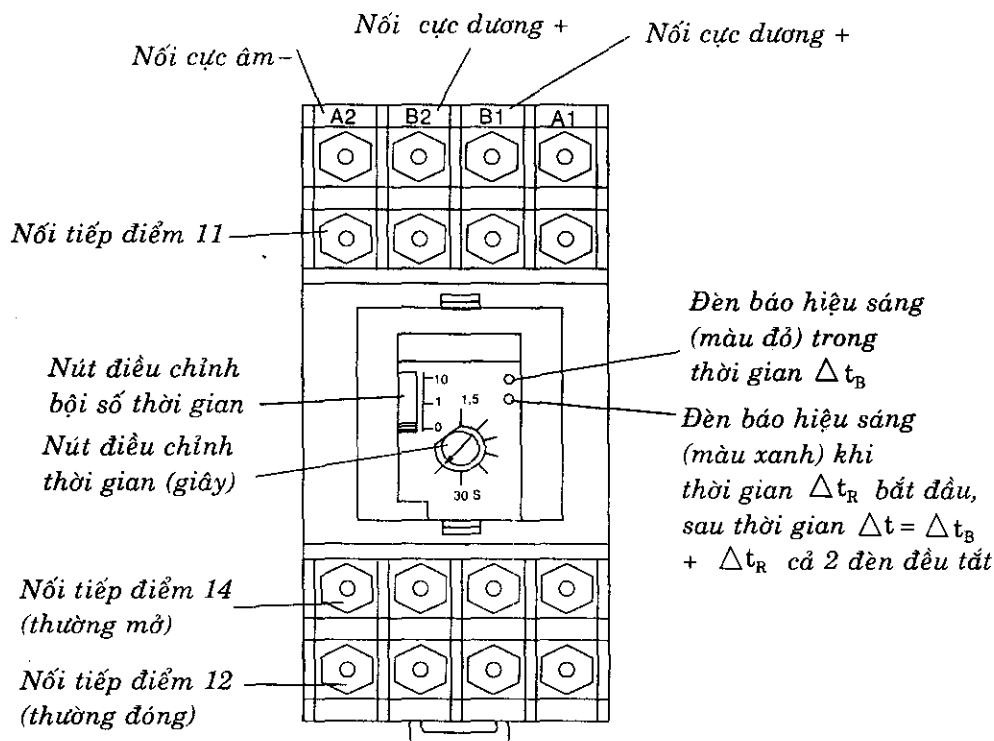
Nguyên lý hoạt động của role thời gian nhả muộn (hình 8.64) : tương tự như role thời gian nhả muộn của phân tử khí nén, diốt tương đương như van một chiều, tụ điện như bình trích chứa, biến trở R_1 như van tiết lưu. Đồng thời tụ điện có nhiệm vụ giảm điện áp quá tải trong quá trình ngắt.



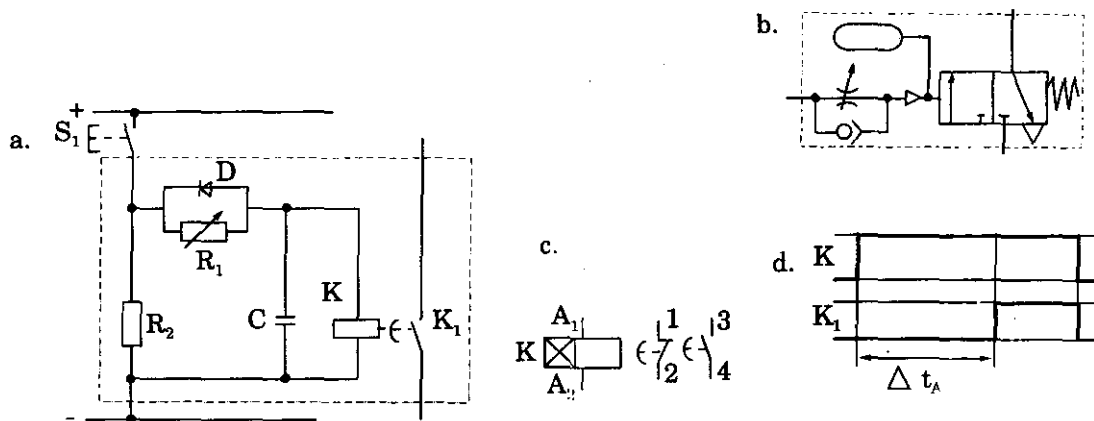
Hình 8.64 Role thời gian nhả muộn

- Sơ đồ nguyên lý làm việc
- Sơ đồ thời gian nhả muộn của phân tử khí nén
- Kí hiệu
- Biểu đồ thời gian

Cách nối các cực và tiếp điểm role thời gian nhả muộn trong mạch điều khiển được biểu diễn ở hình 8.65. Điều chú ý là cổng B_2 nối với cực dương +.



Hình 8.65 Phương pháp lắp ráp role thời gian nhả muộn



Hình 8.62 *Role thời gian tác động muộn*

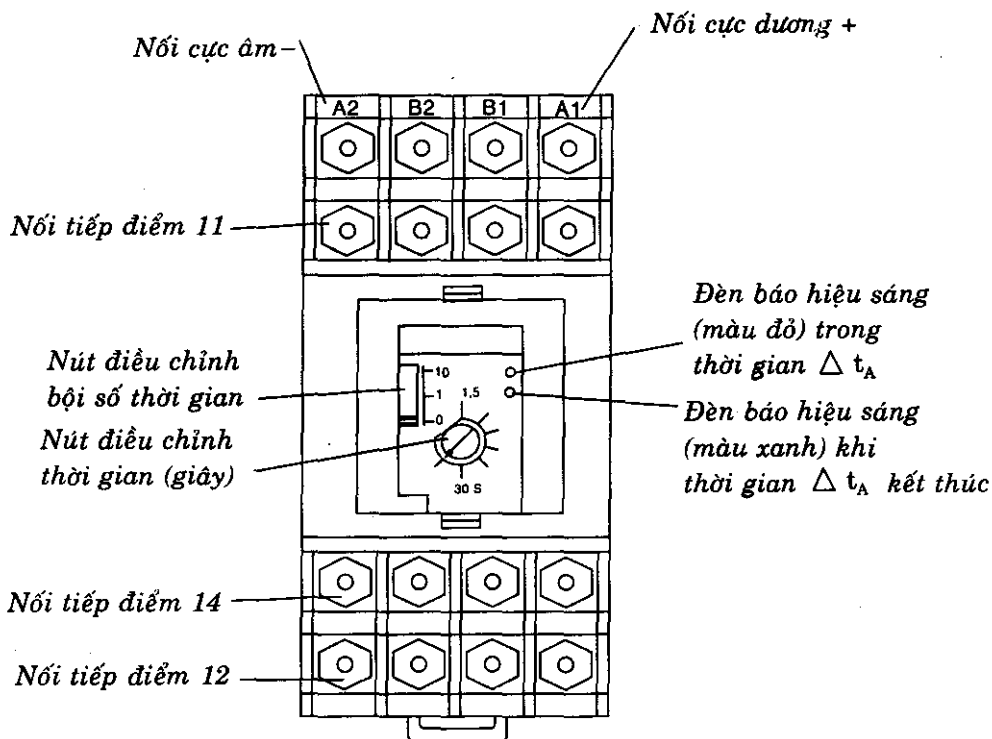
a. *Sơ đồ nguyên lý làm việc*

b. *Sơ đồ thời gian tác động muộn của phân tử khí nén*

c. *Kí hiệu*

d. *Biểu đồ thời gian*

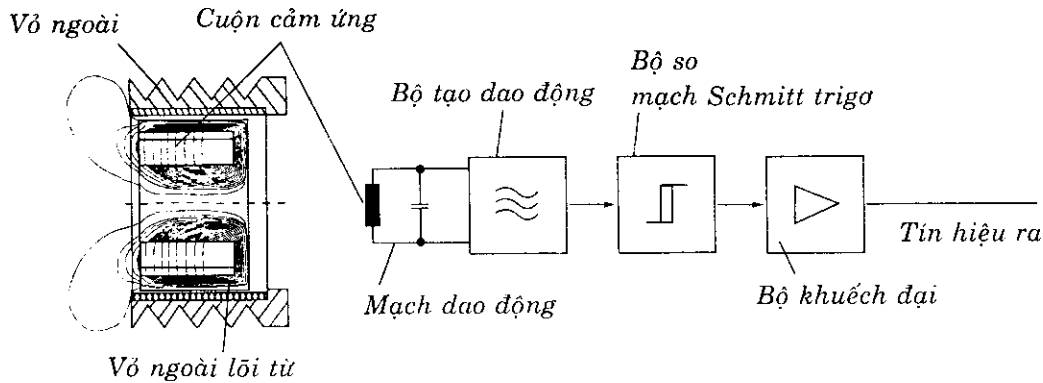
Cách nối các cực và tiếp điểm role thời gian tác động muộn trong mạch điều khiển được biểu diễn ở hình 8.63.



Hình 8.63 *Cách nối các cực và tiếp điểm role thời gian tác động muộn*

c) Cảm biến cảm ứng từ

Nguyên tắc hoạt động của *cảm biến cảm ứng từ* biểu diễn ở hình 8.69. Bộ tạo dao động sẽ phát ra tần số cao. Khi có vật cản bằng kim loại nằm trong vùng đường sức của từ trường, trong kim loại đó sẽ hình thành dòng điện xoáy. Như vậy năng lượng của bộ dao động sẽ giảm, dòng điện xoáy sẽ tăng, khi vật cản càng gần cuộn cảm ứng. Qua đó biên độ dao động của bộ dao động sẽ giảm. Qua bộ so, tín hiệu ra được *khuếch đại*. Trong trường hợp tín hiệu ra là tín hiệu nhị phân, mạch Schmitt trigơ sẽ đảm nhận nhiệm vụ này.



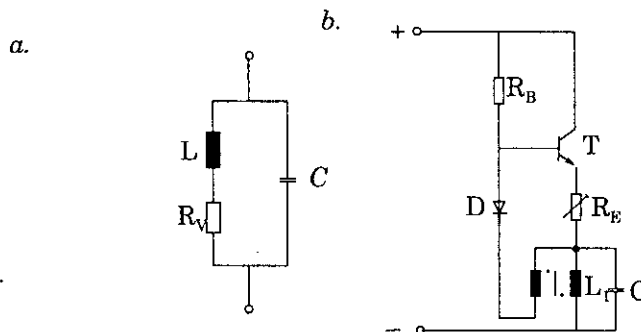
Hình 8.69 Nguyên lý hoạt động của cảm biến cảm ứng từ

Sơ đồ đơn giản của *mạch dao động LC* được biểu diễn ở hình 8.70a. Nguyên lý của bộ dao động bằng tranzito biểu diễn ở hình 8.70b.

Hình 8.70 Sơ đồ đơn giản

a. Mạch dao động LC

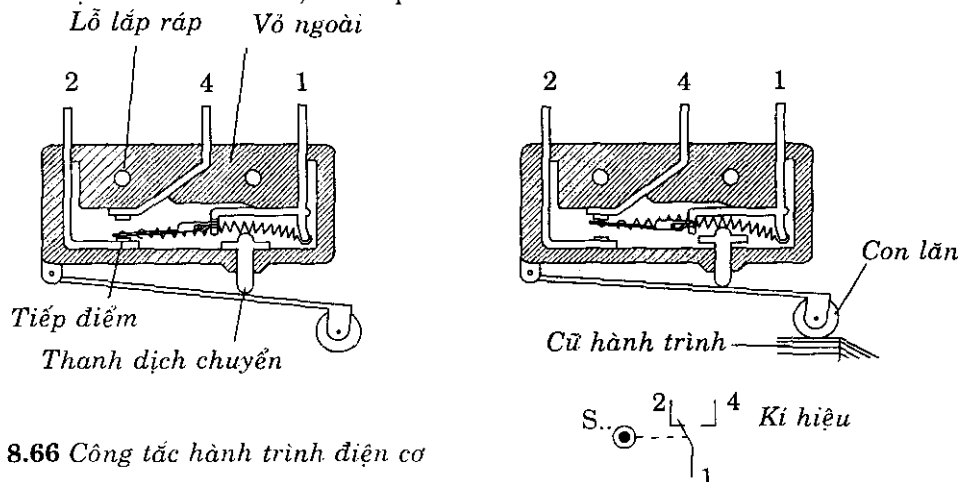
b. Bộ dao động bằng tranzito



Mạch Schmitt trigơ có nhiệm vụ là chuyển tín hiệu có dạng hình sin thành tín hiệu có dạng xung, sơ đồ mạch và nguyên lý được trình bày ở hình 8.71.

d) Công tắc hành trình điện – cơ

Nguyên lý hoạt động của công tắc hành trình điện – cơ được biểu diễn ở hình 8.66. Khi con lăn chạm cữ hành trình, thì tiếp điểm 1 nối với 4.



Hình 8.66 Công tắc hành trình điện cơ

Cần phân biệt các trường hợp ở hình 8.67 khi lắp công tắc hành trình điện – cơ trong mạch.



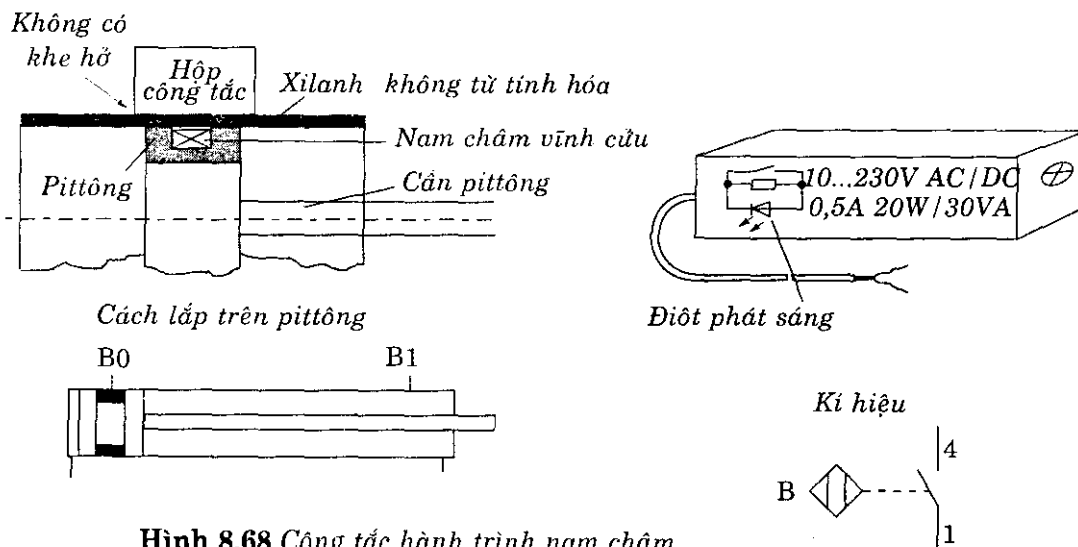
Hình 8.67 Công tắc hành trình điện cơ

a. Trạng thái thường đóng khi không có tác động

b. Trạng thái thường đóng khi có tác động

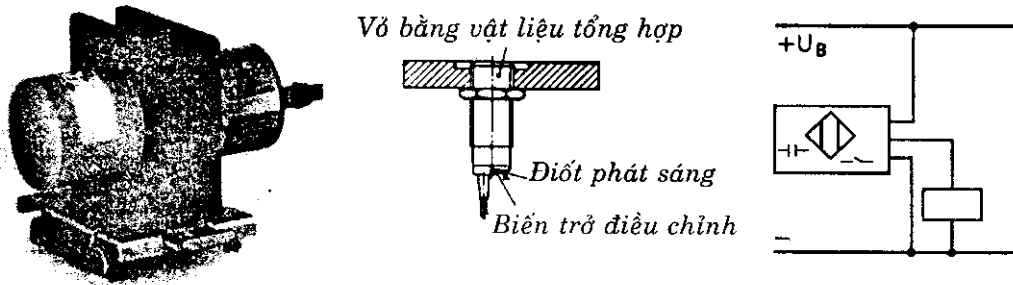
d) Công tắc hành trình nam châm

Công tắc hành trình nam châm thuộc loại công tắc hành trình không tiếp xúc. Nguyên lý hoạt động, kí hiệu được biểu diễn ở hình 8.68.



Hình 8.68 Công tắc hành trình nam châm

Cách lắp trong mạch và kí hiệu cảm biến điện dung từ biểu diễn ở hình 8.74.



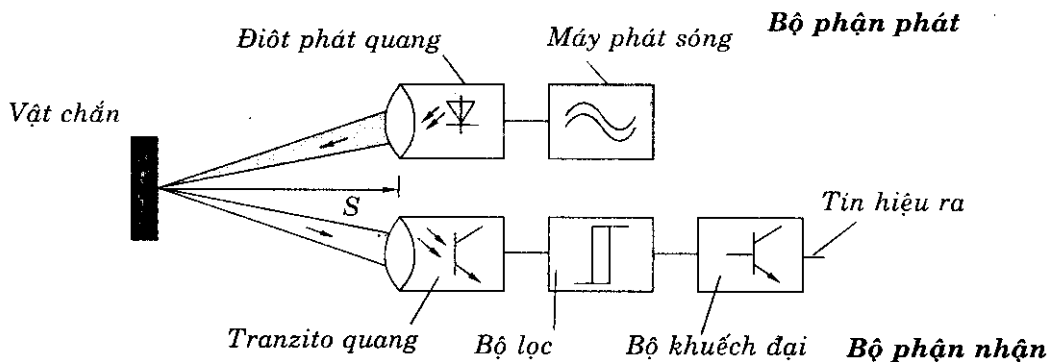
Hình 8.74 Kí hiệu cảm biến điện dung

h) Cảm biến quang

Nguyên tắc hoạt động của cảm biến quang biểu diễn ở hình 8.75 gồm 2 phần :

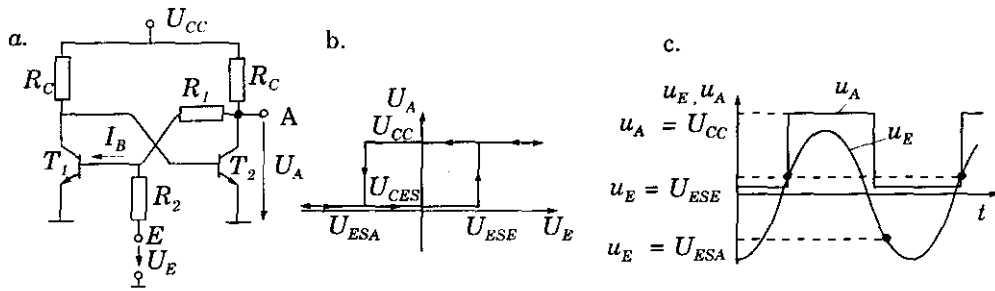
- Bộ phận phát
- Bộ phận nhận

Bộ phận phát sẽ phát đi tia hồng ngoại bằng điốt phát quang ; khi gặp vật chắn, tia hồng ngoại sẽ phản hồi lại vào bộ phận nhận. Như vậy ở bộ phận nhận, tia hồng ngoại phản hồi sẽ được xử lí trong mạch và cho tín hiệu ra sau khi khuếch đại.



Hình 8.75 Cảm biến quang

Tùy theo vị trí sắp xếp của bộ phận phát và bộ phận nhận, người ta phân biệt thành 2 loại chính : cảm biến quang một chiều (hình 8.76a) và cảm biến quang phản hồi (hình 8.76b).



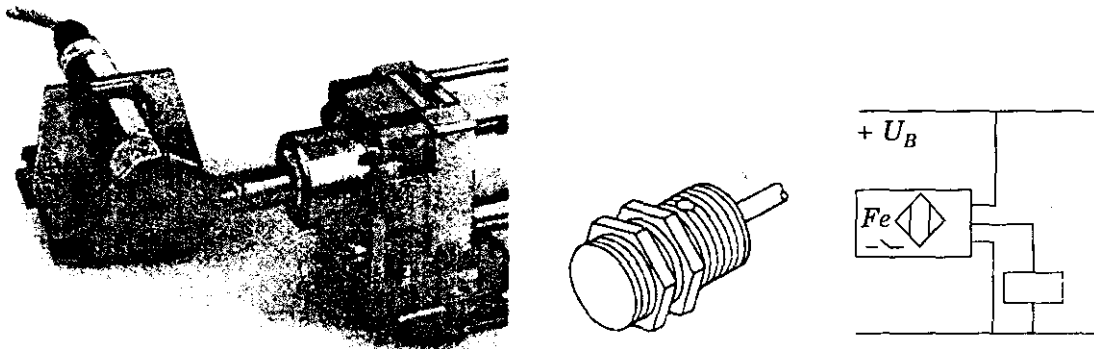
Hình 8.71 Sơ đồ mạch Schmitt trigơ

a. Sơ đồ mạch với tranzito lưỡng cực T_1, T_2

b. Đường đặc trưng chuyển tiếp

c. Ví dụ chuyển đổi hiệu điện thế dạng hình sin thành hiệu điện thế dạng xung

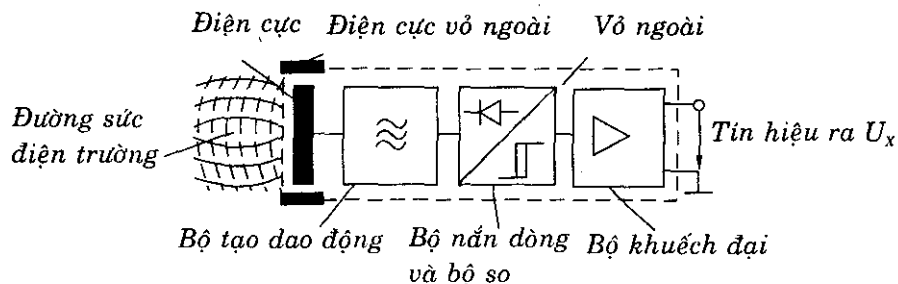
Cách lắp trong mạch và kí hiệu cảm biến cảm ứng từ biểu diễn ở hình 8.72.



Hình 8.72 Cách lắp và kí hiệu cảm biến cảm ứng từ

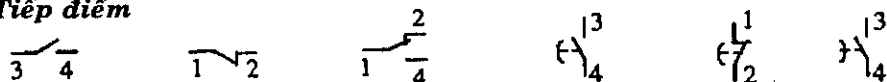
g) Cảm biến điện dung

Nguyên tắc hoạt động của cảm biến điện dung biểu diễn ở hình 8.73. Bộ tạo dao động sẽ phát ra tần số cao. Khi có vật cản bằng kim loại hoặc phi kim loại nằm trong vùng đường sức của điện trường, điện dung tụ điện thay đổi. Như vậy tần số riêng của bộ dao động thay đổi. Qua bộ so, và bộ nắn dòng, tín hiệu ra được khuếch đại. Trong trường hợp tín hiệu ra là tín hiệu nhị phân, mạch Schmitt trigơ sẽ đảm nhận nhiệm vụ này.



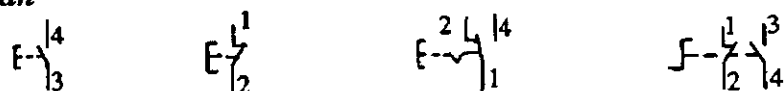
Hình 8.73 Nguyên lí hoạt động của cảm biến điện dung

- Tiếp điểm



Thường mở Thường đóng Chuyển mạch Đóng chậm Mở chậm Nhả chậm

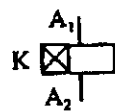
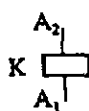
- Nút ấn



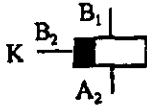
Thường mở Thường đóng Chuyển mạch Chuyển mạch 4 đầu dây

- Role

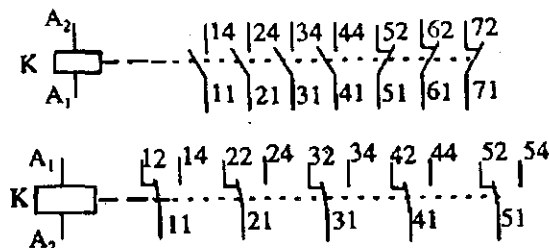
Tác động muộn



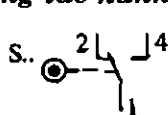
Nhả muộn



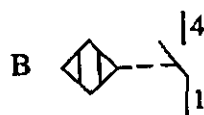
Kí hiệu chung



- Công tắc hành trình



Công tắc hành trình
điện cơ (tiếp xúc)



Công tắc hành trình
nam châm
(không tiếp xúc)

- Cảm biến



Cảm ứng từ



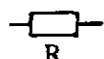
Điện dung



Quang



Điôt



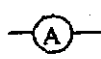
Điện trở



Cuộn dây có lõi sắt



Đèn báo hiệu



Ampe kế



Vôn kế

Hình 8.78 Kí hiệu các phần tử điện theo DIN 40 713

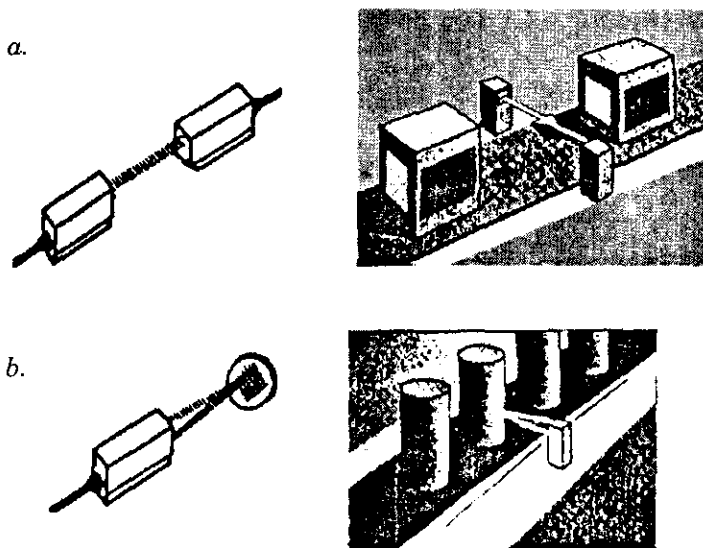
Các phần tử khí nén được biểu diễn như đã trình bày trong chương VII.

Sự liên hệ giữa 2 sơ đồ : trên sơ đồ mạch điện và sơ đồ mạch khí nén được ghi chú bằng các kí hiệu số tương ứng của role trong mạch điện và nam châm điện của van đảo chiều hoặc role áp suất – điện trong mạch khí nén.

2. Mạch điều khiển điện – khí nén với 1 xilanh

a) Mạch điều khiển với tiếp điểm tự duy trì

Cơ sở để thiết kế mạch điều khiển điện – khí nén là biểu đồ trạng thái (hình 8.79a).



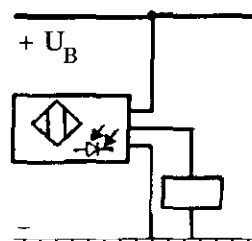
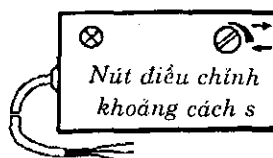
Hình 8.76

a. Cảm biến quang một chiều
b. Cảm biến quang phản hồi

Kí hiệu cảm biến quang biểu diễn ở hình 8.77

Hình 8.77

a. Nút điều chỉnh
khoảng cách
b. Kí hiệu



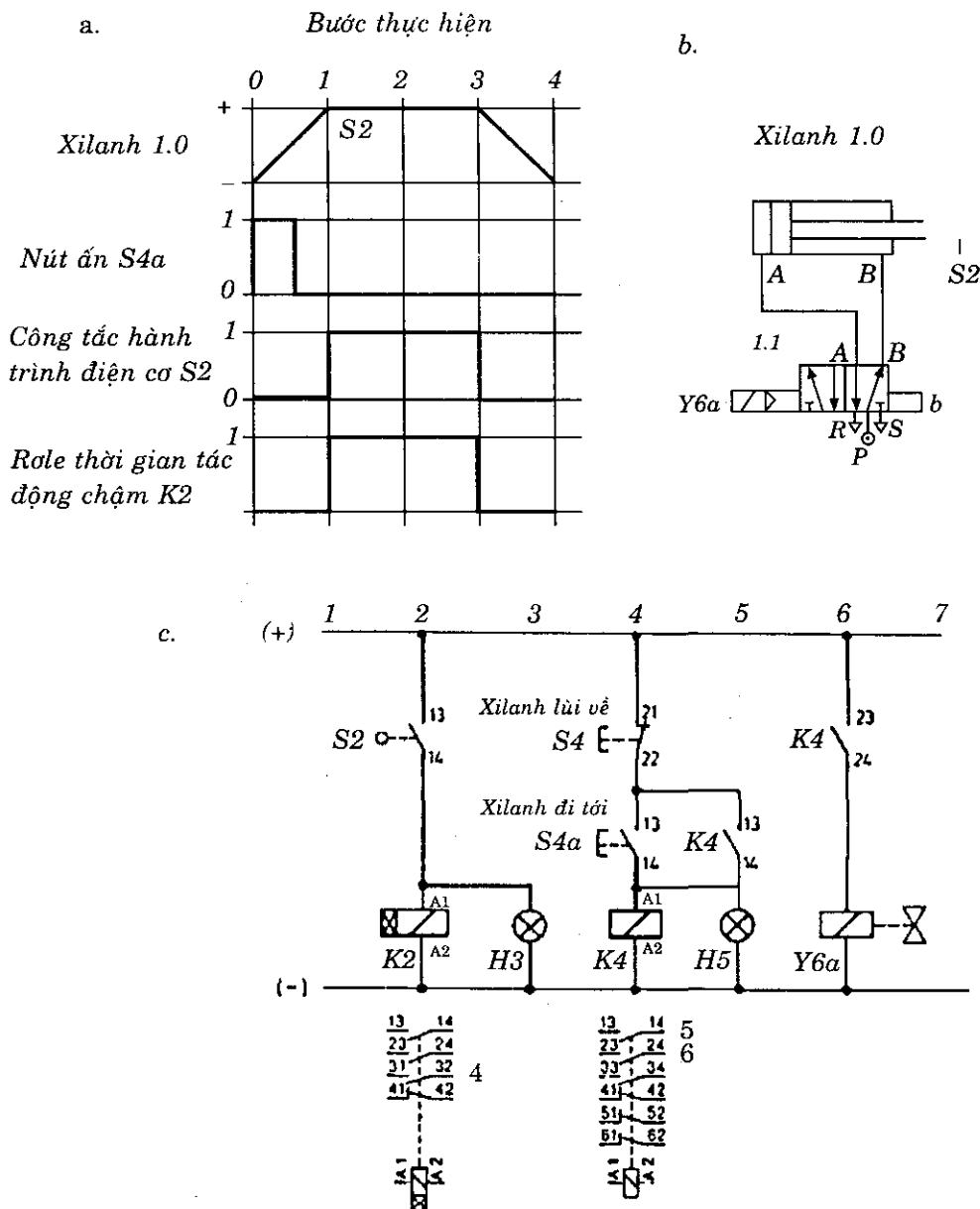
IV. THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐIỆN - KHÍ NÉN

1. Nguyên tắc thiết kế

Sơ đồ mạch điện - khí nén gồm 2 phần :

- Sơ đồ mạch điện điều khiển
- Sơ đồ mạch khí nén

Các phần tử điện đã được trình bày ở mục III, 2. Sơ đồ mạch được biểu diễn, khi chưa có tác động tín hiệu vào. Kí hiệu các phần tử điện theo DIN 40 713 được trình bày ở hình 8.78.

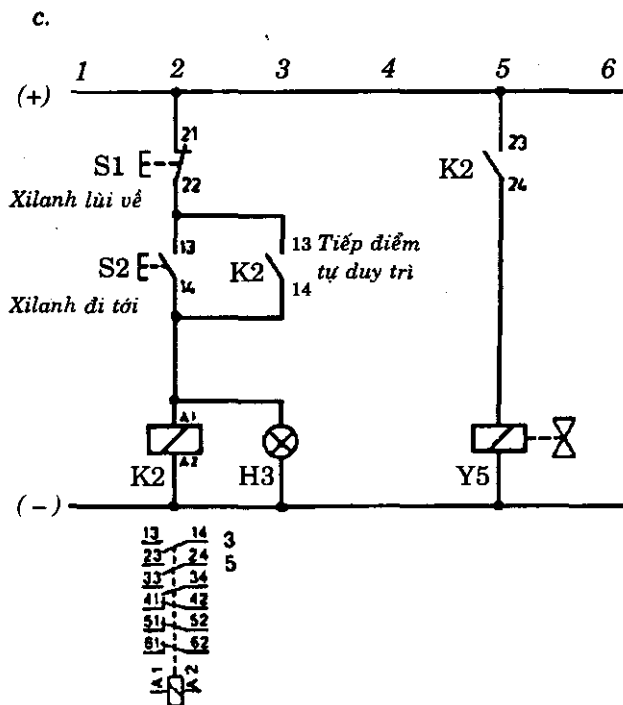
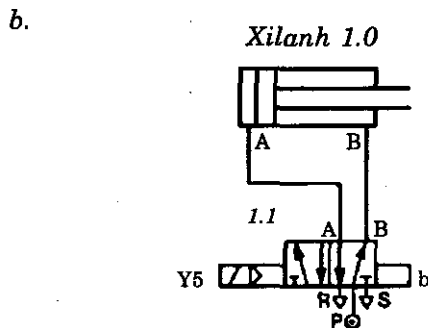
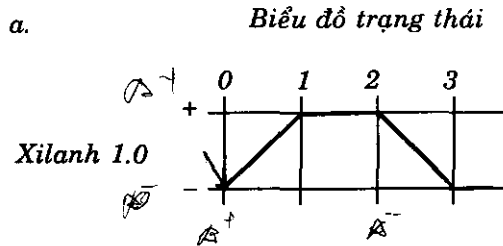


Hình 8.80 Mạch điều khiển tự duy trì với role thời gian tác động muộn

- a. Biểu đồ trạng thái
- b. Mạch khí nén
- c. Mạch điều khiển điện

c) Mạch điều khiển kết hợp với thủy lực (dầu ép)

Quy trình gia công của máy khoan được biểu diễn ở hình 8.81. Trong trường hợp máy không hoạt động, đầu khoan phải nằm vị trí phía trên, cho nên chọn van đảo chiều 4/2, điều khiển bằng nam châm điện và bằng lò xo.



Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 8.79b và sơ đồ mạch điện điều khiển biểu diễn ở hình 8.79c.

Khi tác động vào nút ấn S 2, role K2 có điện, các tiếp điểm tương ứng của role K2 sẽ đóng, đó là tiếp điểm K 2 ở nhánh thứ 3 và K2 ở nhánh thứ 5.

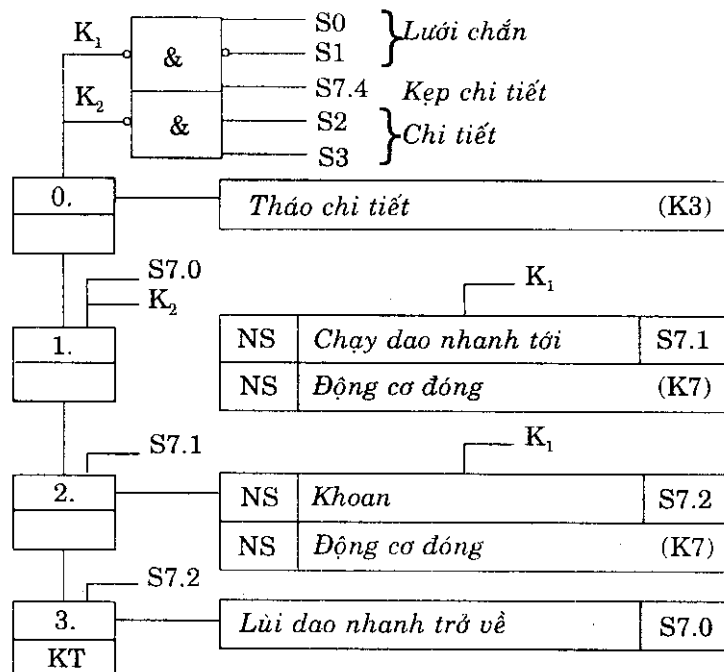
Khi nhả nút ấn S 2, nhờ tiếp điểm duy trì K2 ở nhánh thứ 3, role K 2 vẫn có điện, và tiếp điểm K 2 ở nhánh thứ 5 – tiếp điểm đóng để dòng điện qua cuộn cảm ứng của van đảo chiều, xilanh đi tới.

Hình 8.79 Mạch điều khiển với tiếp điểm tự duy trì
a. Biểu đồ khí nén
b. Mạch khí nén
c. Mạch điều khiển điện

Khi tác động vào nút ấn S 1, dòng điện trong nhánh 2 mất, role K 2 mất điện, các tiếp điểm tương ứng mở ra và xilanh sẽ lùi về.

b) Mạch điều khiển với role thời gian tác động muộn

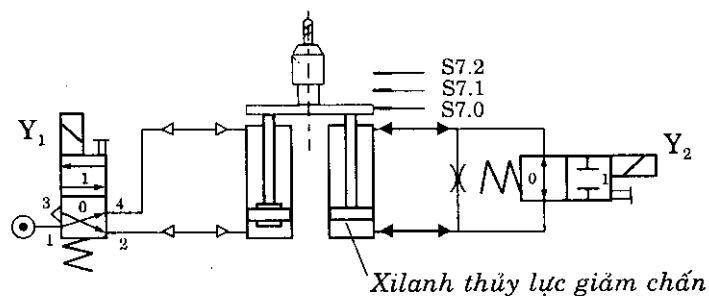
Biểu đồ trạng thái được trình bày ở hình 8.80a. Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 8.80b ; sơ đồ mạch điện điều khiển với phần tử tự duy trì và role thời gian tác động muộn biểu diễn ở hình 8.80c. Sau thời gian t_1 công tắc hành trình điện – cơ S 2 đóng (vị trí cuối hành trình), thì role thời gian tác động muộn K 2 mới có điện.



Hình 8.82 Biểu đồ chức năng

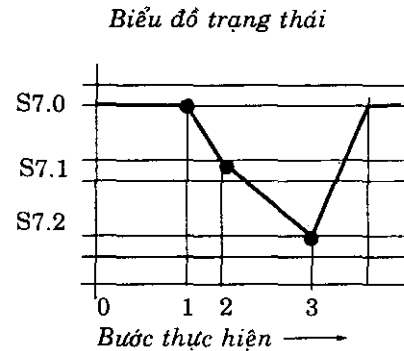
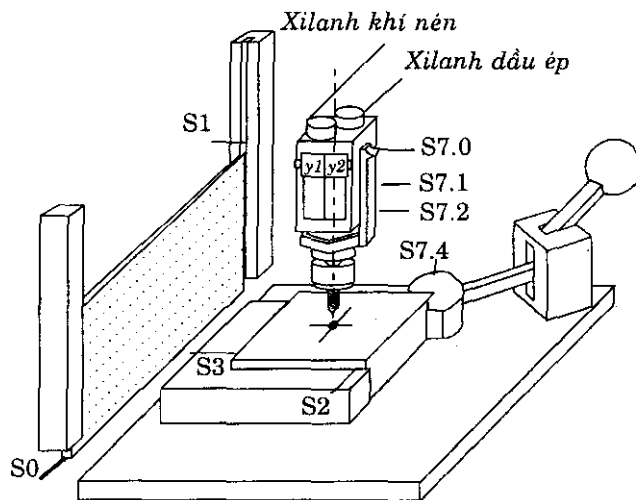
Sơ đồ mạch khí nén được biểu diễn ở hình 8.83. Khi đầu khoan chạy dao nhanh tới và lùi dao nhanh về thì van đảo chiều 2/2 ở vị trí 0. Trong quá trình gia công, xilanh thủy lực có tác dụng giảm chấn trong thời gian khoan.

Đầu khoan



Chức năng	Y ₁	Y ₂
Đầu khoan tới (nhanh)	1	0
Khoan (chậm)	1	1
Đầu khoan lùi về (nhanh)	0	0

Hình 8.83 Sơ đồ mạch khí nén



Hình 8.81 Quy trình gia công của máy khoan

Các bước thực hiện được minh họa bằng sơ đồ chức năng (hình 8.82) :

– Phương trình an toàn cho gia công :

$$K1 = S0 \wedge \bar{S1} \wedge S7.4$$

– Phương trình kẹp chi tiết ở vị trí gia công :

$$K2 = S2 \wedge S3$$

– Phương trình bước thực hiện 0 :

Khi lưới bảo vệ đã mở ($\bar{K1}$), chi tiết được tháo ra ($\bar{K2}$), bước thực hiện 0 ($K3 = 1$)

$$K3 = \bar{K1} \wedge \bar{K2} \wedge \bar{K4}$$

– Bước thực hiện 1 :

Khi lưới bảo vệ đã đóng, chi tiết được kẹp ($K2 = 1$) và đầu khoan nằm ở vị trí S7.0, thì bước 1 sẽ thực hiện ($K4 = 1$), tức là đầu khoan chạy dao nhanh tới $y_1 = 1$ và được nhớ. Bước thực hiện 0 phải được xóa.

– Bước thực hiện 2 :

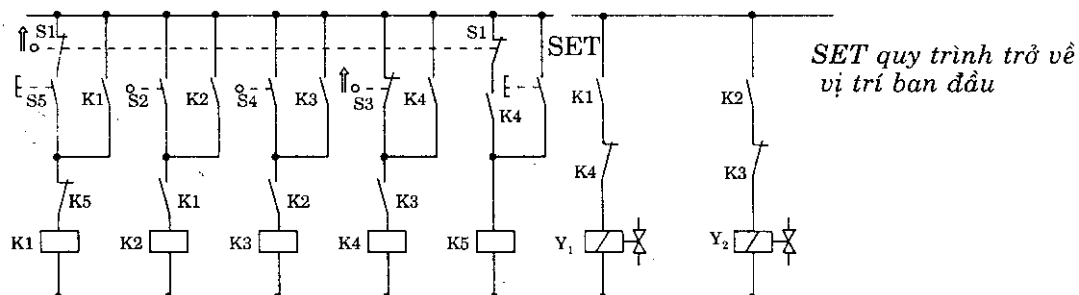
Khi chạm công tắc hành trình 7.1 và lưới bảo vệ được đóng ($K1 = 1$) thì bước 2 sẽ thực hiện và phải được nhớ. Bước thực hiện 1 phải được xóa.

– Bước thực hiện 3 :

Khi đầu khoan chạm công tắc hành trình 7.2 và lưới bảo vệ được đóng ($K1 = 1$) bước 3 sẽ thực hiện. Bước thực hiện 2 phải được xóa. Hai van đảo chiều phải trở về vị trí ban đầu (vị trí 0). Đầu khoan quay lùi nhanh trở về.

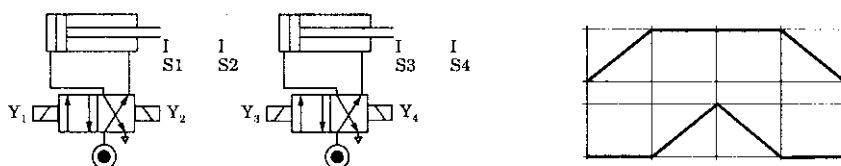
Bước thực hiện 3 không cần phải được nhớ.

Mỗi nhịp đều có mạch tự duy trì. Sau khi ấn nút *khởi động S5*, lần lượt nhịp 1 cho đến các nhịp tiếp theo sẽ đóng mạch. Nhịp cuối cùng tác động cho quy trình trở về vị trí ban đầu.



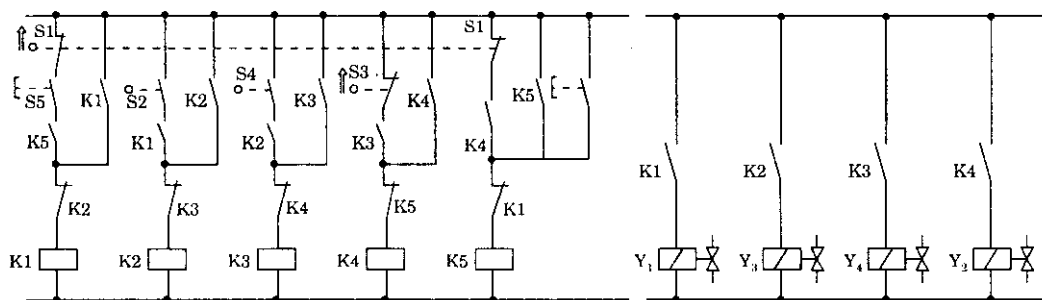
Hình 8.86 Sơ đồ mạch điện điều khiển quy trình khoan

Nếu ta chọn *van đảo chiều 4/2 xung*, cả 2 phía tác động bằng nam châm điện, *sơ đồ mạch điện điều khiển* điện biểu diễn ở hình 8.87. Mặc dù mỗi nhịp có mạch tự duy trì, nhưng nếu nhịp tiếp theo được thực hiện, khi nhịp trước đó phải được xóa.



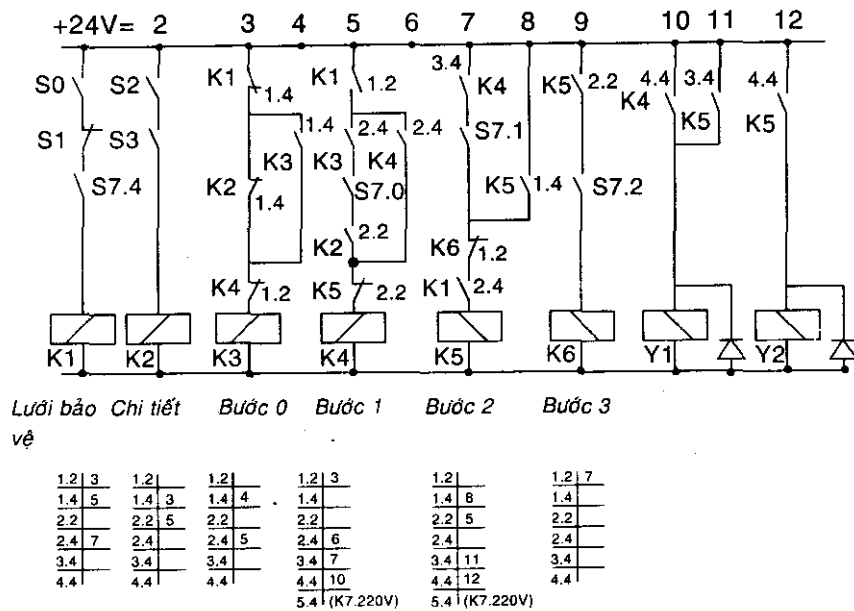
Kết thúc quy trình

Xilanh	+A	+B	-B	-A	KT
Công tắc hành trình	S5	S2	S4	S3	S1
Nam châm điện	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₂	



Hình 8.87 Quy trình điều khiển với van đảo chiều xung 4/2

Sơ đồ mạch điện điều khiển thiết kế theo phương pháp điều khiển theo nhịp được biểu diễn ở hình 8.84.

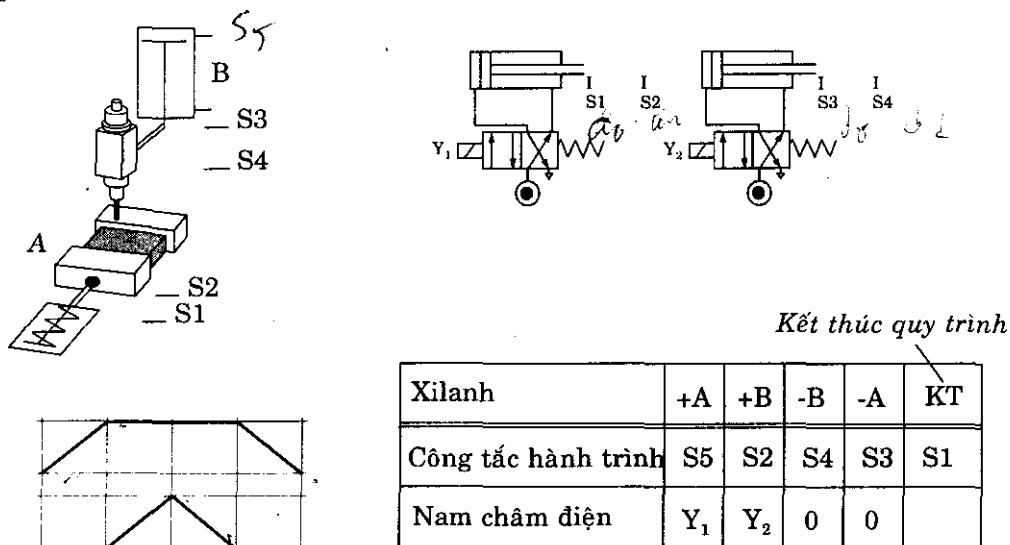


Hình 8.84 Sơ đồ mạch điện điều khiển quy trình khoan

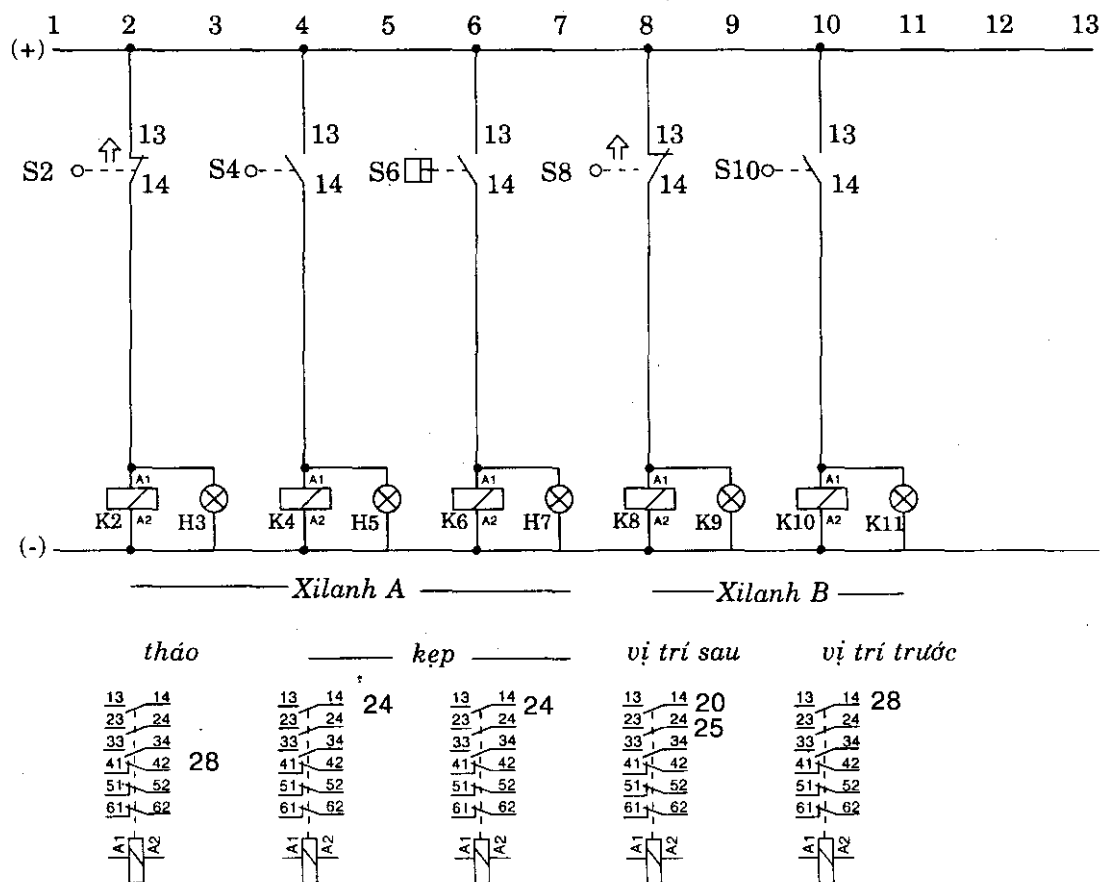
3. Mạch điều khiển điện - khí nén với 2 xilanh

a) Mạch điều khiển theo nhịp

Quy trình mạch điều khiển theo nhịp với 2 xilanh biểu diễn ở hình 8.85. Khi tác động vào nút ấn S5, các xilanh sẽ thực hiện quy trình theo yêu cầu đề ra.



Hình 8.85 Quy trình điều khiển 2 xilanh

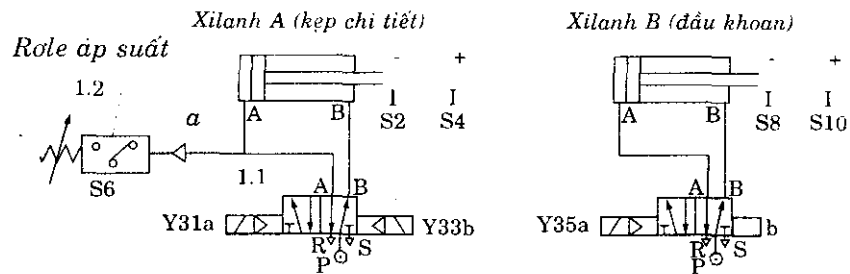
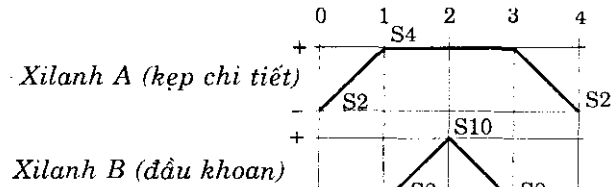


Hình 8.89 Sơ đồ mạch điện điều khiển (xem tiếp trang 276)

b) Mạch điều khiển với chọn chế độ làm việc

Quy trình gia công cũng tương tự như ví dụ phần 8.4.3.1. Điều kiện yêu cầu tiếp theo là xilanh B chuyển động, khi thỏa mãn điều kiện là áp suất trong xilanh A đạt được giá trị cho phép. Như vậy áp suất trong xilanh A (xilanh kẹp chi tiết) được kiểm soát bằng role áp suất – điện S6, xem biểu diễn ở hình 8.88.

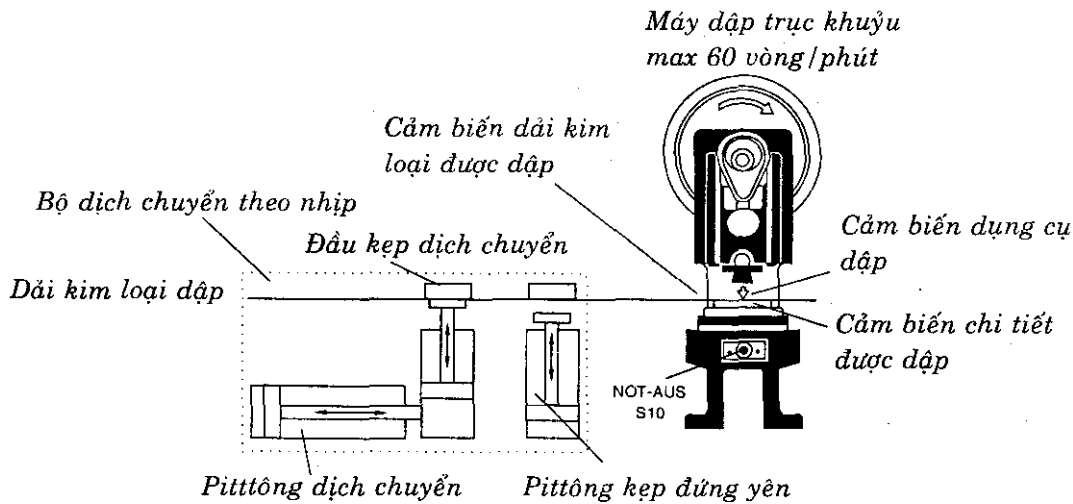
Hình 8.88 Quy trình gia công với chọn chế độ làm việc



Chọn chế độ làm việc : chế độ bằng tay và chế độ tự động. Tất cả các chuyển động và vị trí của xilanh được kiểm soát bằng đèn báo hiệu (hình 8.89).

4. Bộ dịch chuyển theo nhịp

Bộ dịch chuyển theo nhịp là khối lắp ráp các phần tử khí nén và điện, có nhiệm vụ là kẹp, dịch chuyển chi tiết theo chu kỳ. Ví dụ ứng dụng bộ dịch chuyển theo nhịp trong máy dập, xem biểu diễn ở hình 9.90.

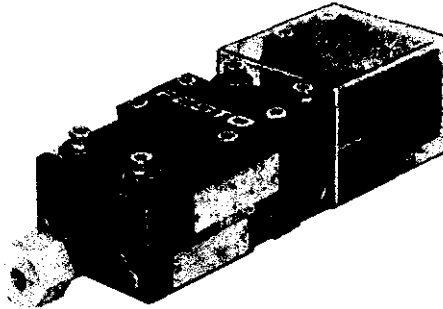


Hình 8.90 Ứng dụng bộ dịch chuyển theo nhịp

Hãng FESTO (CHLB Đức) đã sản xuất các bộ dịch chuyển theo nhịp có khoảng dịch chuyển từ 0 – 1000mm. Mỗi loại bộ dịch chuyển được tiêu chuẩn hóa và có khoảng dịch chuyển nhất định, ví dụ hình 8.91 là bộ dịch chuyển với khoảng cách dịch chuyển 20 mm.

Nguyên tắc hoạt động của bộ dịch chuyển theo nhịp được biểu diễn ở hình 8.92.

– Tại vị trí cơ bản của bộ dịch chuyển (hình 8.92a), cửa A nối với nguồn P ($P = 6 \text{ bar}$) đầu kẹp đứng yên sẽ kẹp dải kim loại, đầu kẹp dịch chuyển (nối với cửa B) mở ra.



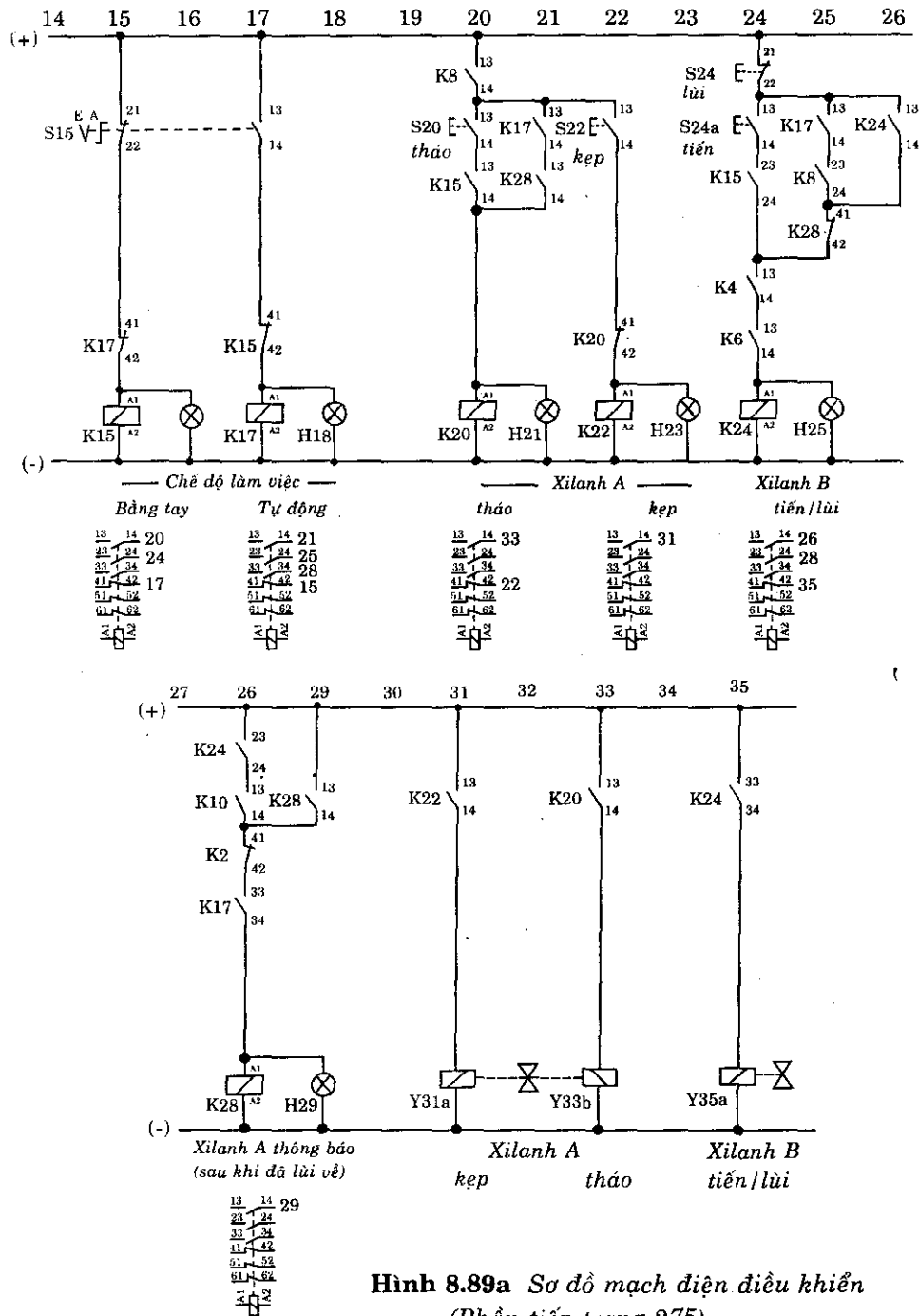
Hình 8.91 Bộ dịch chuyển theo nhịp (hãng Festo)

– Khi có tín hiệu điện ở Y_1 , van đảo chiều 2 đổi vị trí (hình 8.92b). Đầu kẹp đứng yên sẽ mở ra, đầu kẹp dịch chuyển (nối với cửa B) đóng lại.

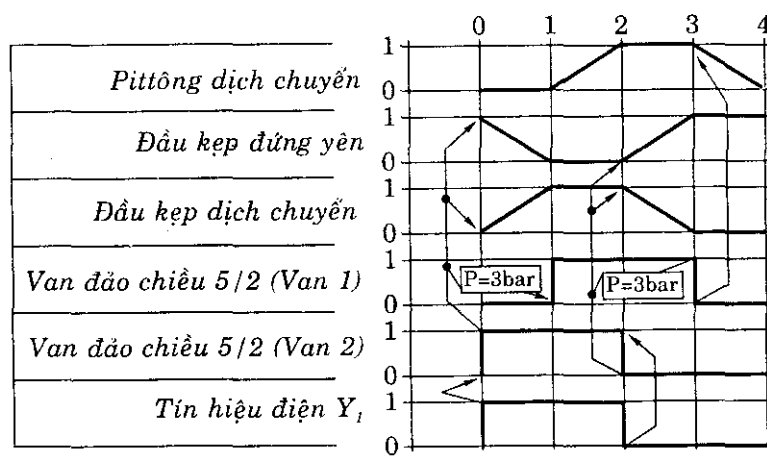
- Khi áp suất đạt được ít nhất là 50% (khoảng 3 bar) trong ống dẫn B, van đảo chiều 1 đổi vị trí, vì đường kính nòng van ở 2 đầu khác nhau. Pittông dịch chuyển đầy tới (hình 8.92c).

– Khi tín hiệu điện ở Y_1 mất đi, van đảo chiều 2 đổi vị trí. Đầu kẹp đứng yên sẽ

(Tiếp theo sơ đồ mạch, trang 275)

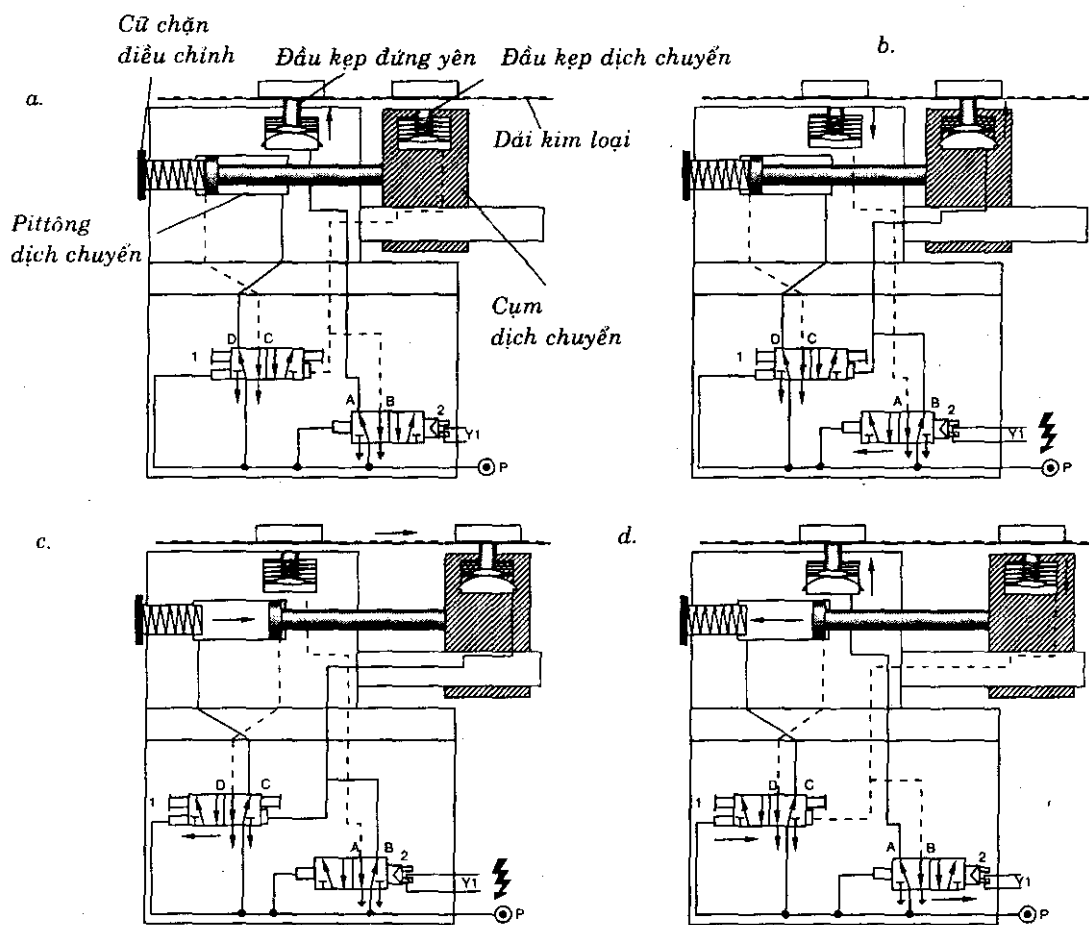


Hình 8.89a Sơ đồ mạch điện điều khiển
(Phần tiếp trang 275)



Hình 8.93 Biểu đồ trạng thái của bộ dịch chuyển

kẹp dải kim loại, đầu kẹp dịch chuyển (nối với cửa B) mở ra. Khi áp suất trong ống B giảm xuống khoảng 50% thì van đảo chiều 1 đổi vị trí, pittông dịch chuyển lùi về (hình 8.92d).



Hình 8.92 Nguyên tắc hoạt động của bộ dịch chuyển theo nhịp

Hình 8.93 là biểu đồ trạng thái của bộ dịch chuyển theo nhịp.

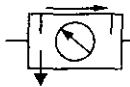
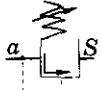
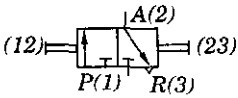
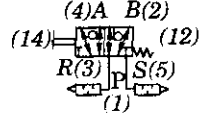
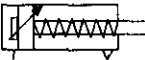
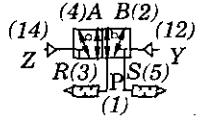
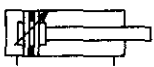
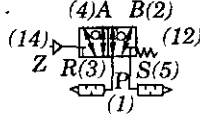
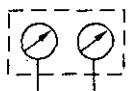
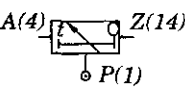
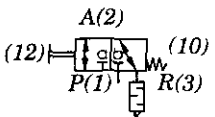
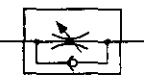
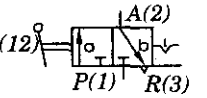
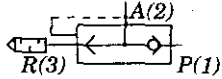
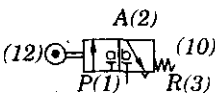
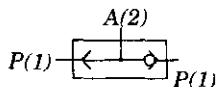
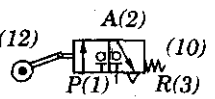
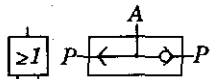
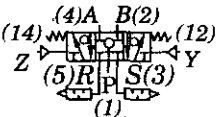
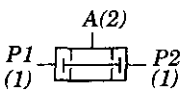
21	Van AND bằng nhựa tổng hợp		23	Khối điều khiển theo nhịp	
22	Van áp suất có cửa xả khí		24	Phần tử khuếch đại	

Các phần tử điện - khí nén

25	Role áp suất - điện		32	Role thời gian tác động muộn	
26	Van đảo chiều 3/2, tác động bằng nam châm điện		33	Role thời gian nhả muộn	
27	Van đảo chiều 5/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ		34	Công tắc hành trình điện - cơ	
28	Van đảo chiều 5/2, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ cả 2 phía		35	Công tắc hành trình nam châm	
29	Van đảo chiều 5/3, tác động bằng nam châm điện qua van phụ trợ cả 2 phía		36	Cảm biến điện dung	
30	Nút ấn thường đóng, thường mở		37	Cảm biến cảm ứng từ	
31	Tiếp điểm thường mở, thường đóng		38	Cảm biến quang	

Phụ lục

Phân tử khí nén

Số TT	Tên gọi	Kí hiệu	Số TT	Tên gọi	Kí hiệu
1	Bộ lọc		11	Van áp suất	
2	Van trượt đảo chiều 3/2 tác động bằng tay		12	Van đảo chiều 5/2 tác động bằng tay	
3	Pittông tác dụng 1 chiều, điều chỉnh khả năng giảm chấn		13	Van đảo chiều 5/2 tác động bằng khí nén	
4	Pittông tác dụng 2 chiều, điều chỉnh khả năng giảm chấn		14	Van đảo chiều 5/2 có vị trí "không", tác động khí nén	
5	Áp kế		15	Phản tử thời gian đóng chậm	
6	Van đảo chiều 3/2 có vị trí "không"		16	Van tiết lưu 1 chiều điều chỉnh bằng tay	
7	Van đảo chiều 3/2 có định vị		17	Van thoát khí nhanh	
8	Công tắc hành trình tác dụng 2 chiều		18	Van OR	
9	Công tắc hành trình tác dụng 1 chiều		19	Van OR bằng nhựa tổng hợp	
10	Van đảo chiều 5/3, tác động bằng khí nén		20	Van AND	

- [17] *Heinz Rose* : Wissenspeicher für energietechnische Elektroberufe
Dortmund : Verlag Dr. Mar Gehlen – Bad Homburg vor
der Höhe, 1995
- [18] *Helmut Bannwarth* : Flüssigkeitsring – Vakuumpumpen, – Kompressoren und
Anlagen.
Weinheim. New York. Basel. Cambridge. Tokyo Verlag,
1994
- [19] *Herion* : Pneumatik – Steuerungen
Elektropneumatische Steuerungen. Seminar
Herion – Werke GmbH & Co. KG Fellbach, 1996
- [20] *Herion* : Universal – Lehrsystem
Fluidtronik – LS 2002
Herion – Werke GmbH & Co. KG Fellbach, 1996
- [21] *Klaus Groth* : Kompressoren
Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1995
- [22] *Kollektiv* : Arbeitskreis der Klimatechnik, Band 3
Karlsruhe : Verlag C.F Müller, 1988
- [23] *Kollektiv* : Automatisierungstechnik in der Fertigung
Verlag Europa – Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH &
Co-Gruiten, 1992
- [24] *Kollektiv* : Wissenspeicher Fluidtechnik.
Hydraulische und pneumatische Antriebs-und
Steuerungstechnik
Leipzig : VEB Fachbuchverlag, 1988
- [25] *Lehrbuch* : Elektrotechnik I. Elektrotechnische Grundlagen der
Elektrotechnik
München : Richard Pflaum Verlag, 1991
- [26] *Linse H.* : Elektrotechnik für Maschinenbauer
Stuttgart : B.G Teubner, 1992
- [27] *Nguyen Ngoc Phuong* : Hệ thống điều khiển bằng khí nén.
Bài giảng “Đào tạo các chuyên đề chuyên sâu ngắn hạn”.
Trung tâm Đào tạo Việt – Đức, trường Đại học Sư
phạm Kỹ thuật, Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh, 1995.
- [28] *Nguyen Ngoc Phuong* : Hệ thống điều khiển bằng điện – khí nén.
Bài giảng “Đào tạo các chuyên đề chuyên sâu ngắn hạn”.
Trung tâm Đào tạo Việt – Đức, trường Đại học Sư
phạm Kỹ thuật, Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh, 1995.
- [29] *Noak/Seidel* : Der Kältermonteur
Handbuch für die Praxis
Karlsruhe : Verlag C.F Müller, 1990

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Antony Barber* : Pneumatic Handbook, 7 th Edition
Published by The Trade & Technical Press Limited,
England 1989
- [2] *Berend Brouer* : Steuerungstechnik für Maschinenbauer
Stuttgart : B.G Teubner, 1995
- [3] *Borucki L.* : Digitaltechnik
Stuttgart : B.G Teubner, 1989
- [4] *Breidenbach* : Der Kälteranlagenbauer
Karlsruhe : Verlag C.F Müller, 1990
- [5] *Dr. Ing. habil. Stefen Hesse* : Greifer – Praxis. Greifer in der Handhabungstechnik
Würzburg : Vogel Verlag, 1991
- [6] *Dr. Ing. Werner Schwate* : Handbuch Drucklufttechnik.
Leipzig : Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1992.
- [7] *Edition Festo Didactic* : Lexikon der Steuerungstechnik
IWT Verlag GmbH, Festo Didactic KG, 1992
- [8] *Ernst Hoffman/
Richard Stein* : Pneumatik der Konstruktion
Würzburg : Vogel Verlag, 1992
- [9] *Ernst Kauffman/
Erich Herion/
Harri Locher* : Elektropneumatische und elektrohydraulische Steuerungen
Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1992
- [10] *Fischer Vogelsang* : SI – Größen und Einheiten
Physik und Technik
München : Verlag Technik Berlin, 1993
- [11] *Friedrich Reimuth* : Lufttechnische Prozesse
Theorie – Praxis – Aufgaben
Karlsruhe : Verlag C.F Müller, 1992
- [12] *Friedrid* : Tabellenbuch Mettal – und Maschinentechnik
Bonn : Ferd. Dümmlers Verlag, 1993
- [13] *G. Miel. R. Fiebich* : Steuern und Regeln
Leipzig : Verlag Leipzig, 1987
- [14] *Gehard Schnell*. Sensoren in der Automatisierungstechnik
Braunschweig/Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1993
- [15] *Gerhart Kriechbaum* : Pneumatische Steuerungen
Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1992
- [16] *Hartmut Janocha* : Aktoren – Grundlagen und Anwendungen
Heidelberg : Springer – Verlag, 1992

MỤC LỤC

	Trang
Lời giới thiệu	3
Lời nói đầu	5
CHƯƠNG I – CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KHÍ NÉN	7
I. Vài nét về sự phát triển	7
II. Khả năng ứng dụng của khí nén	8
1. Trong lĩnh vực điều khiển	8
2. Hệ thống truyền động	8
III. Ưu, nhược điểm của hệ thống truyền động bằng khí nén	9
1. Ưu điểm	9
2. Nhược điểm	9
IV. Một số đặc điểm của hệ thống truyền động bằng khí nén	9
1. Độ an toàn khi quá tải	9
2. Sự truyền tải năng lượng	10
3. Tuổi thọ và bảo dưỡng	10
4. Khả năng thay thế những phần tử, thiết bị	10
5. Vận tốc truyền động	10
6. Khả năng điều chỉnh lưu lượng dòng và áp suất	10
7. Vận tốc truyền tải	10
V. Đơn vị đo trong hệ thống điều khiển	11
1. Áp suất	11
2. Lực	12
3. Công	13
4. Công suất	13
5. Độ nhớt động	14
VI. Cơ sở tính toán khí nén	14
1. Thành phần hóa học của khí nén	14
2. Phương trình trạng thái nhiệt động học	15
3. Độ ẩm không khí	20
4. Phương trình dòng chảy	27
5. Lưu lượng khí nén qua khe hở	29
6. Tổn thất áp suất trong hệ thống điều khiển bằng khí nén	33
CHƯƠNG II – MÁY NÉN KHÍ VÀ THIẾT BỊ XỬ LÝ KHÍ NÉN	41
I. Máy nén khí	41
1. Nguyên tắc hoạt động và phân loại máy nén khí	41
2. Máy nén khí kiểu pittông	43
3. Máy nén khí kiểu cánh gạt	45
4. Máy nén khí kiểu trục vít	46
5. Máy nén khí kiểu root	49
II. Thiết bị xử lý khí nén	50
1. Yêu cầu về khí nén	50
2. Các phương pháp xử lý khí nén	52
3. Bộ lọc	56
CHƯƠNG III – HỆ THỐNG THIẾT BỊ PHÂN PHỐI KHÍ NÉN	61
I. Yêu cầu	61
II. Bình trích chứa khí nén	62
III. Mạng đường ống dẫn khí nén	62
1. Mạng đường ống lắp ráp cố định	62
2. Mạng đường ống lắp ráp di động	67
CHƯƠNG IV – CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN	73
I. Khái niệm	73

- [30] *Pohlman* : Taschenbuch der Kältetechnik
Karlsruhe : Verlag C.F Müller, 1988
- [31] *Prof. Dr. sc. Techn. Dieter* Einführung in die Hydraulik und Pneumatik
Berlin : VEB Verlag Technik, 1985
- [32] *Prof. Dipl. Ing. W. Charchut* : Druckluft Handbuch
Vulkan Verlag – Essen, 1979
- [33] *Prof. Dr. Ing. Siegfried Baumgarth* : Digitale Regelung und Steuerung in der Versorgungstechnik (DDC – GA)
Springer Verlag : Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 1993.
- [34] *R. Haug* : Pneumatische Steuerungstechnik.
Stuttgart : Vogel Buchverlag, 1990
- [35] *Thomas Krist* : Meß–Steuerungs–Regelungstechnik
Chemnitz : Technik Tabellen Verlag, 1991
- [36] *Töpfer/Besch* : Grundlagen der Automatisierungstechnik
Carl Hanser Verlag München Wien, 1990
- [37] *Walter Kaspers* : Messen, Steuern, Regeln
Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1985
- [38] *Walter Wagner* : Rohrleitungstechnik
Würzburg : Vogel Verlag, 1993
- [39] *Walter Wagner* : Strömung und Druckverlust
Würzburg : Vogel Verlag, 1992
- [40] *Walters Kaspers/ Wolfgang Vogt* : Steuern–Regeln–Automatisieren
Lehr–und Arbeitsbuch
Braunschweig/Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1996
- [41] *Werner Deppert/ Dipl. Kert Stoll* : Pneumatische Steuerung.
Würzburg : Vogel Verlag, 1990
- [42] *Werner Deppert/ Dipl. Kert Stoll* : Pneumatik in Anwendung
Würzburg : Vogel Verlag, 1990
- [43] *Werner Thrun/ Michael Stern* : Steuerungstechnik im Maschinenbau
Braunschweig/Wiesbaden : Vieweg Verlag, 1997
- [44] *Will Bohl* : Technische Strömungslehre
Würzburg : Vogel Verlag, 1991

4. Động cơ pittông hướng kính	128
5. Động cơ pittông dọc trục	128
6. Động cơ tuabin	129
7. Động cơ màng	129
8. Đường đặc trưng của động cơ khí nén	129
IV. Bộ biến đổi áp lực	130
 CHƯƠNG VI – CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN BẰNG KHÍ NÉN	132
I. Khái niệm cơ bản	132
II. Phần tử mạch logic	134
1. Phần tử logic NOT (phủ định)	134
2. Phần tử logic AND (và)	135
3. Phần tử logic NAND (và – không)	135
4. Phần tử logic AND – NAND	136
5. Phần tử logic AND – NAND với 4 tín hiệu vào	136
6. Phần tử logic OR (hoặc)	137
7. Phần tử logic NOR (hoặc – không)	138
8. Phần tử logic OR/NOR	138
9. Phần tử logic XOR (EXC-OR)	138
III. Lý thuyết đại số Boole	139
1. Quy tắc cơ bản của đại số Boole	139
2. Biểu đồ Karnaugh	143
3. Phần tử nhớ	156
IV. Biểu diễn phần tử logic của khí nén	163
1. Phần tử NOT	163
2. Phần tử OR và NOR	163
3. Phần tử AND và NAND	164
4. Phần tử EXC – OR	164
5. RS – Flipflop	164
6. Phần tử thời gian	167
7. Mạch dạng xung bằng khí nén	168
8. Mạch trigơ một trạng thái bền bằng khí nén	168
9. Một số mạch thông dụng	169
10. Quy tắc cơ bản của đại số Boole với các phần tử khí nén	173
 CHƯƠNG VII – THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG KHÍ NÉN	177
I. Biểu diễn chức năng của quá trình điều khiển	177
1. Biểu đồ trạng thái	177
2. Sơ đồ chức năng	180
3. Lưu đồ tiến trình	183
II. Phân loại phương pháp điều khiển	185
1. Điều khiển bằng tay	185
2. Điều khiển tùy động theo thời gian	188
3. Điều khiển tùy động theo hành trình	190
4. Điều khiển theo chương trình bằng cơ cấu chuyển mạch	192
5. Điều khiển theo tầng	193
6. Điều khiển theo nhịp	198
7. Điều khiển bằng bộ chọn theo bước	206
III. Thiết kế mạch tổng hợp điều khiển theo nhịp	209
1. Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện nhảy cóc	209
2. Mạch điều khiển theo nhịp với chu kì thực hiện lặp lại	211
3. Mạch điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện đồng thời	213
4. Mạch điều khiển theo nhịp với các chu kì thực hiện tuần tự	214
IV. Thiết kế mạch khí nén bằng biểu đồ Karnaugh	215
1. Thuật kế mạch khí nén cho quy trình với 2 xilanh	215

2. Thiết kế mạch khí nén cho quy trình với 3 xilanh	221
3. Thiết kế mạch khí nén với 2 phân tử nhớ trung gian	227
CHƯƠNG VIII – ĐIỀU KHIỂN BẰNG ĐIỆN – KHÍ NÉN	
I. Khái niệm cơ bản về kĩ thuật điện	232
1. Điện trường	232
2. Từ trường	235
3. Cảm ứng điện từ	238
II. Khái niệm cơ bản về điện tử	242
1. Chất bán dẫn	242
2. Sơ đồ mạch thông dụng	249
III. Các phân tử điện – khí nén	254
1. Van đảo chiều điều khiển bằng nam châm điện	254
2. Các phân tử điện	257
IV. Thiết kế mạch điều khiển điện – khí nén	266
1. Nguyên tắc thiết kế	266
2. Mạch điều khiển điện – khí nén với 1 xilanh	267
3. Mạch điều khiển điện – khí nén với 2 xilanh	272
4. Bộ dịch chuyển theo nhịp	277
Phụ lục	280
Tài liệu tham khảo	282