

**BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ**

GIÁO TRÌNH
Tên mô đun: Điều khiển điện khí nén
NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP NGHỀ

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 120/QĐ-TCDN ngày 25 tháng 02 năm 2013 của
Tổng cục trưởng Tổng cục Dạy nghề)*



Hà Nội, năm 2013

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

Tailieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Cùng sự phát triển không ngừng của lĩnh vực tự động hóa, ngày nay các thiết bị truyền dẫn, điều khiển khí nén thủy lực sử dụng trong máy móc trở nên rộng rãi ở hầu hết các lĩnh vực công nghiệp như máy công cụ CNC, phương tiện vận chuyển, máy đập, máy xây dựng, dây chuyền chế biến thực phẩm,... do những thiết bị này làm việc linh hoạt, với kích thước nhỏ gọn và lắp đặt dễ dàng ở những không gian chật hẹp so với các thiết bị truyền động và điều khiển bằng cơ khí hay điện.

Nhằm trang bị cho bạn đọc nền kiến thức và kỹ năng tốt nhất để tiếp cận nhanh chóng với các thiết bị của hệ thống điều khiển khí nén trong thực tế, bằng những kinh nghiệm tác giả đúc kết được từ thực tiễn trên các máy công nghệ điều khiển số hiện đại và từ thực tế giảng dạy cũng như tham khảo một số tài liệu đáng tin cậy trong nước và tài liệu dự án, nhóm tác giả đã biên soạn ra quyển giáo trình làm giáo trình dạy ở trình độ Trung cấp nghề cho nghề Điện công nghiệp. Hy vọng với nội dung của quyển giáo trình này, bạn đọc có thể tính toán, thiết kế, lắp đặt và điều khiển được một hệ thống truyền dẫn khí nén theo các yêu cầu khác nhau.

Cấu trúc của quyển giáo trình này được chia làm 6 bài:

Bài 1 Cơ sở lý thuyết về khí nén.

Bài 2 Máy nén khí và thiết bị xử lý khí nén.

Bài 3 Thiết bị phân phối và cơ cấu chấp hành.

Bài 4 Các phần tử trong hệ thống điều khiển

Bài 5 Cơ sở lý thuyết điều khiển bằng khí nén.

Bài 6 Thiết kế mạch điều khiển điện khí nén.

Trong quá trình biên soạn giáo trình này, không thể tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong sự đóng góp của các độc giả gần xa.

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2013

Tham gia biên soạn

1. Dương Đức Khải – Chủ biên

2. Ngô Quang Huynh

3. Vũ Thu Huyền

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	03
Mục lục	04
Bài 1 Cơ sở lý thuyết về khí nén	07
1. Khái niệm chung	07
1.1. Vài nét về sự phát triển	07
1.2. Khả năng ứng dụng của khí nén	07
1.2.1. Trong lĩnh vực điều khiển	07
1.2.2. Trong hệ thống truyền động	08
1.3. Ưu nhược điểm của hệ thống truyền động bằng khí nén	08
1.3.1. Ưu điểm	08
1.3.2. Nhược điểm	08
2. Một số đặc điểm của hệ truyền động bằng khí nén	09
2.1. Độ an toàn khi quá tải	09
2.2. Sự truyền tải năng lượng	09
2.3. Tuổi thọ và bảo dưỡng	09
2.4. Khả năng thay thế các phần tử thiết bị	09
2.5. Vận tốc truyền động	09
2.6. Khả năng điều chỉnh lưu lượng dòng và áp suất	10
2.7. Vận tốc truyền tải	10
3. Đơn vị đo trong hệ thống điều khiển	10
3.1. Áp suất	10
3.2. Lực	10
3.3. Công	10
3.4. Công suất	10
3.5. Độ nhớt động	10
4. Cơ sở tính toán khí nén	11
4.1. Thành phần hóa học của khí nén	11
4.2. Phương trình trạng thái nhiệt động học	12
4.2.1. Phương trình trạng thái tổng quát	12
4.2.2. Định luật Boyle - Mariotte	12
4.2.3. Định luật 1 Gay - Lussac	13
4.2.4. Định luật 2 Gay - Lussac	14
4.2.5. Phương trình đoạn nhiệt	14
4.3. Độ ẩm không khí	16
4.4. Phương trình dòng chảy	17
4.5. Lưu lượng khí nén qua khe hở	18
4.6. Tổn thất áp suất của khí nén	20

Bài 2 Máy nén khí và thiết bị xử lý khí nén	26
1. Máy nén khí	26
1.1. Nguyên tắc hoạt động và phân loại máy nén khí	26
1.2. Máy nén khí kiểu pít - tông	27
1.3. Máy nén khí kiểu cánh gạt	28
1.4. Máy nén khí kiểu bánh răng - trục vít	30
1.5. Máy nén khí kiểu Root	32
1.6. Máy nén khí kiểu tuabin	32
2. Thiết bị xử lý khí nén	33
2.1. Yêu cầu về khí nén	33
2.2. Các phương pháp xử lý khí nén	34
2.3. Bộ lọc	36
Bài 3 Thiết bị phân phối và cơ cấu chấp hành	39
1. Thiết bị phân phối khí nén	39
1.1. Bình trích chứa khí nén	39
1.2. Mạng đường ống	40
2. Cơ cấu chấp hành	40
2.1. Xy - lanh	41
2.1.1. Xy - lanh tác động đơn	41
2.1.2. Xy - lanh tác động kép	41
2.1.3. Xy - lanh màng	42
2.2. Động cơ khí nén	42
2.2.1. Động cơ bánh răng	43
2.2.2. Động cơ trục vít	43
Bài 4 Các phần tử trong hệ thống điều khiển	44
1. Khái niệm	44
2. Van đảo chiều	45
2.1. Nguyên lý hoạt động	45
2.2. Kí hiệu	45
2.3. Tín hiệu tác động	46
2.4. Một số van đảo chiều thường gặp	47
3. Van chặn	52
3.1. Van một chiều	53
3.2. Van logic OR	53
3.3. Van logic AND	54
3.4. Van xả khí nhanh	54
4. Van tiết lưu	54
4.1. Van tiết lưu có tiết diện không thay đổi	55
4.2. Van tiết lưu có tiết diện thay đổi	55
4.3. Van tiết lưu một chiều điều chỉnh bằng tay	55
5. Van áp suất	56

5.1. Van an toàn	56
5.2. Van tràn	57
5.3. Van điều chỉnh áp suất	57
5.4. Rơ le áp suất	58
6. Van điều chỉnh thời gian	59
6.1. Rơ le thời gian đóng chậm	59
6.2. Rơ le thời gian ngắt chậm	59
7. Van chân không	60
8. Cảm biến	60
8.1. Cảm biến bằng tia rẽ nhánh	60
8.2. Cảm biến bằng tia phản hồi	61
8.3. Cảm biến bằng tia qua khe hở	61
9. Phần tử khuếch đại	62
10. Phần tử chuyển đổi tín hiệu	63
10.1. Phần tử chuyển đổi tín hiệu khí nén - điện	64
10.2. Phần tử chuyển đổi tín hiệu điện - khí nén	65
Bài 5 Cở sở lý thuyết điều khiển bằng khí nén	66
1. Khái niệm cơ bản về điều khiển	66
2. Các phần tử mạch logic	67
2.1. Phần tử NOT	68
2.2. Phần tử AND	68
2.3. Phần tử NAND	69
2.4. Phần tử OR	69
2.5. Phần tử NOR	70
2.6. Phần tử XOR	71
2.7. Phần tử X-NOR	71
3. Lý thuyết đại số Boole	72
3.1. Qui tắc cơ bản của đại số Boole	72
3.2. Biểu đồ Karnaugh	74
3.3. Phần tử nhớ	80
4. Biểu diễn phần tử logic của khí nén	82
4.1. Phần tử NOT	82
4.2. Phần tử OR và NOR	83
4.3. Phần tử AND và NAND	84
4.4. Phần tử EXC-OR	85
4.5. RS Flipflop	86
Bài 6 Thiết kế mạch điều khiển điện khí nén	87
1. Biểu diễn chức năng của quá trình điều khiển	87
1.1. Biểu đồ trạng thái	87
1.2. Sơ đồ chức năng	88
1.3. Lưu đồ tiến trình	92

2. Phân loại phương pháp điều khiển	94
2.1. Điều khiển bằng tay	94
2.2. Điều khiển tùy động theo thời gian	96
2.3. Điều khiển tùy động theo hành trình	97
3. Các phần tử điện khí nén	99
3.1. Van đảo chiều điều khiển bằng nam châm điện	100
a. Kí hiệu	100
b. Điều khiển trực tiếp	100
c. Điều khiển gián tiếp	101
3.2. Các phần tử điện	103
a. Công tắc	103
b. Nút ấn	104
c. Rơ le	104
d. Công tắc hành trình điện - cơ	106
e. Cảm biến tiệm cận	107
4. Thiết kế mạch điều khiển điện - khí nén	109
4.1. Nguyên tắc thiết kế	109
4.2. Mạch dạng xung bằng khí nén	110
4.3. Mạch trigơ một trạng thái bền bằng khí nén	111
4.4. Mạch điều khiển điện khí nén với một xy- lanh	112
4.5. Mạch điều khiển điện khí nén với hai xy- lanh	113
4.6. Bộ dịch chuyển theo nhịp	115
5. Mạch tổng hợp điều khiển theo nhịp	118
5.1. Mạch điều khiển với chu kì đồng thời	118
5.2. Mạch điều khiển với chu kì thực hiện tuần tự	119
6. Thiết kế mạch điều khiển khí nén theo biểu đồ Karnaugh	120
7. Các mạch ứng dụng	127
Tài liệu tham khảo	132

MÔ ĐUN ĐIỀU KHIỂN ĐIỆN KHÍ NÉN

Mã mô đun: MĐ17

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:

- Vị trí: Mô đun này là mô đun cơ sở kỹ thuật chuyên ngành, chuẩn bị các kiến thức cần thiết cho các phân học kỹ thuật chuyên môn tiếp theo. Mô đun này học sau các môn học: An toàn lao động; Vật liệu điện; Đo lường điện; Mạch điện.

- Tính chất: Là mô đun thuộc mô đun đào tạo nghề điện công nghiệp.

Mục tiêu của mô đun:

- Hiểu được về hệ thống khí nén, logic điều khiển, phương pháp điều khiển, thiết lập mạch điều khiển điện khí nén.

- Hình thành kỹ năng lập chương trình điều khiển.

- Đọc được các sơ đồ điều khiển điện - khí nén, thiết lập được các mạch điều khiển điện khí nén.

- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, chủ động, sáng tạo và khoa học, nghiêm túc trong học tập và trong công việc.

Nội dung của mô đun:

Số TT	Tên các bài trong Mô đun	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra
1	Cơ sở lý thuyết về khí nén	4	4	0	
2	Máy nén khí và các thiết bị xử lý khí nén	12	3	8	1
3	Thiết bị phân phối và cơ cấu chấp hành	10	2	8	
4	Các phần tử trong hệ hống điều khiển	24	12	11	1
5	Cơ sở lý thuyết điều khiển bằng khí nén	30	10	19	1
6	Thiết kế mạch điều khiển điện khí nén	40	14	24	2
	Cộng	120	45	70	5

* Ghi chú: Thời gian kiểm tra được tích hợp giữa lý thuyết với thực hành được tính vào giờ thực hành.

BÀI 1

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KHÍ NÉN

Mã bài: MĐ17-01

Giới thiệu:

Bài học này sẽ giới thiệu tới sinh viên các vấn đề về lịch sử hình thành phát triển và cơ sở tính toán khí nén, từ đó giúp sinh viên có được nguồn kiến thức cơ bản để phục vụ cho các bài học tiếp theo.

Mục tiêu:

- Trình bày được các khái niệm và đặc điểm hệ truyền động bằng khí nén.
- Phân tích được các đại lượng đặc trưng của khí nén và ứng dụng của chúng trong công nghiệp.
- Rèn luyện tính chủ động, nghiêm túc trong học tập và trong công việc.

Nội dung chính:

1. Khái niệm chung

Mục tiêu:

- Trình bày được lịch sử phát triển, khả năng ứng dụng và ưu nhược điểm của hệ thống truyền động bằng khí nén.

1.1. Vài nét về sự phát triển

- Ứng dụng khí nén đã có từ thời trước Công Nguyên, tuy nhiên sự phát triển của khoa học kỹ thuật thời đó không đồng bộ, nhất là sự kết hợp giữa kiến thức về cơ học, vật lý, vật liệu ... còn thiếu, cho nên phạm vi ứng dụng của khí nén còn rất hạn chế.

- Mãi đến thế kỷ thứ 19, các máy móc thiết bị sử dụng năng lượng khí nén mới lần lượt được phát minh. Với sự phát triển mạnh mẽ của năng lượng điện thì vai trò sử dụng năng lượng bằng 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 điện sẽ không an toàn. Khí nén được sử dụng ở những dụng cụ nhỏ nhưng truyền động với vận tốc lớn như: búa hơi, dụng cụ đập, tán đinh... nhất là các dụng cụ, đồ gá kẹp chặt trong các máy. Sau chiến tranh thế giới thứ hai, việc ứng dụng năng lượng bằng khí nén trong kỹ thuật điều khiển phát triển khá mạnh mẽ. Những dụng cụ, thiết bị, phần tử khí nén mới được sáng chế và ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau. Sự kết hợp khí nén với điện - điện tử sẽ quyết định cho sự phát triển của kỹ thuật điều khiển trong tương lai.

1.2. Khả năng ứng dụng của khí nén

1.2.1. Trong lĩnh vực điều khiển

- Những năm 50 và 60 của thế kỷ 20 là giai đoạn kỹ thuật tự động hóa quá trình sản xuất phát triển mạnh mẽ. Kỹ thuật điều khiển bằng khí nén được phát triển rộng rãi và đa dạng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Chỉ riêng ở Cộng Hoà 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 hay xảy ra những vụ nổ nguy hiểm như các thiết bị phun sơn, các loại đồ gá kẹp cho các chi tiết nhựa, chất dẻo hoặc ở các lĩnh vực sản xuất thiết bị điện tử, vì điều kiện vệ sinh môi trường rất tốt và độ an toàn cao. Ngoài ra, hệ thống điều khiển bằng khí nén còn 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.

1.2.2. Trong hệ thống truyền động

- *Các dụng cụ, thiết bị máy và 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 năng lượng của một động cơ quay bằng năng lượng khí nén và một động cơ điện có cùng công suất, thì giá thành tiêu thụ năng lượng 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, 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 khoảng 100.000 v/ph 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 truyền động thẳng trong các dụng cụ, đồ gá kẹp 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 lường và kiểm tra*:

1.3. Ưu nhược điểm của hệ thống truyền động bằng khí nén

1.3.1. Ưu điểm

- Dễ dàng thành lập các trạm trích chứa khí nén vì khả năng chịu nén (đàn hồi) của không khí là rất lớn.

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

- Chi phí để thiết lập một hệ thống truyền động bằng khí nén là tương đối thấp, vì phần lớn trong các xí nghiệp hệ thống đường ống dẫn khí nén đã có sẵn và đường dẫn khí nén thải ra là không cần thiết.

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

1.3.2. Nhược điểm

- Lực truyền tải thấp.

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

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

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

2. Một số đặc điểm của hệ truyền động bằng khí nén

Mục tiêu:

- Trình bày được các đặc điểm: độ an toàn khi quá tải, sự truyền tải năng lượng, tuổi thọ và bảo dưỡng, khả năng thay thế những phần tử thiết bị, vận tốc truyền động, khả năng điều chỉnh lưu lượng dòng và áp suất và vận tốc truyền tải của hệ truyền động bằng khí nén.

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

2.1. 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 hay hư hỏng xảy ra.

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

2.2. 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 (-).

2.3. Tuổi thọ và bảo dưỡng

- Hệ thống điều khiển và truyền động bằng khí nén hoạt động tốt. Khi mạng đạt tới áp suất tới 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 (+).

2.4. 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 (=).

2.5. 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 vận tốc rất cao.

- Điện – cơ (-), cơ (-), thuỷ lực (-).

2.6. 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 (-), thuỷ lực (+).

2.7. Vận tốc truyền tải

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

3. Đơn vị đo trong hệ thống điều khiển

Mục tiêu:

- Trình bày được các đơn vị đo trong hệ thống điều khiển bằng khí nén.

3.1. Áp suất

- Đơn vị cơ bản của áp suất trong hệ đo lường SI là Pascal (Pa). 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).

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

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

$$1 \text{ Mpa} = 10^6 \text{ Pa}.$$

- Ngoài ra còn dùng đơn vị bar.

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

3.2. Lực

- Đơn vị của lực trong hệ đo lường SI là Newton (N). 1 Newton (N) là lực tác động lên đối trọng có khối lượng 1 kg với gia tốc 1m/s^2 .

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

3.3. Công

- Đơn vị của công trong hệ đo lường SI là Joule (J). 1 Joule (J) là công sinh ra dưới tác động của lực 1 N để vật thể dịch chuyển quãng đường 1 m.

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

3.4. Công suất

- Đơn vị của công suất trong hệ đo lường SI là Watt (W). 1 Watt (W) là công suất, trong thời gian 1 giây sinh ra năng lượng 1 Joule.

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

3.5. 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 . $1\text{m}^2/\text{s}$ là độ nhớt động của một chất lỏng có độ nhớt động lực 1Pa.s và khối lượng riêng $1\text{kg}/\text{m}^3$.

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

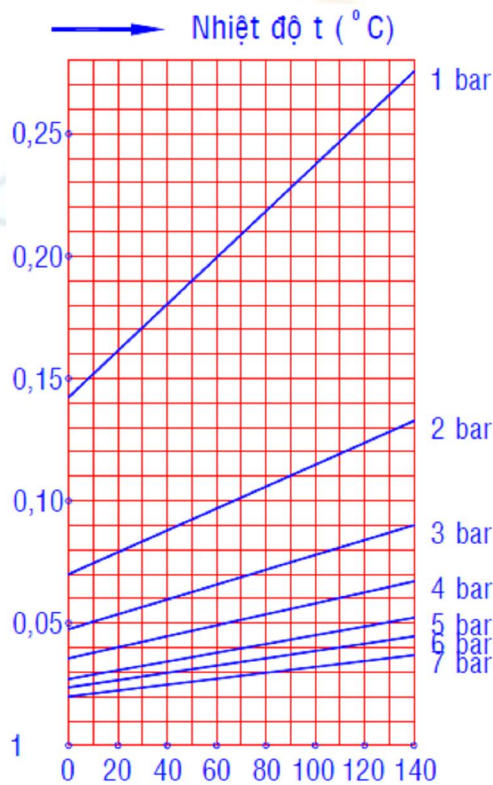
Trong đó:

η : độ nhớt động lực $[\text{Pa.s}]$.

ρ : khối lượng riêng $[\text{kg}/\text{m}^3]$.

ν : độ nhớt động $[\text{m}^2/\text{s}]$.

Ngoài ra, người ta còn sử dụng đơn vị đo độ nhớt động là stokes (St) hoặc là centistokes (cSt).



Hình MĐ17-01-1 - Mối quan hệ của áp suất, nhiệt độ và độ nhớt động của không khí.

4. Cơ sở tính toán khí nén

Mục tiêu:

- Trình bày được cơ sở tính toán khí nén như thành phần hoá học của khí nén, phương trình trạng thái nhiệt động học, độ ẩm của không khí, phương trình dòng chảy, lưu lượng khí nén qua khe hở và tổn thất áp suất của khí nén.

4.1. Thành phần hoá học của khí nén

- Nguyên tắc hoạt động của các thiết bị khí nén là không khí trong khí quyển được hút và nén trong máy nén khí. 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 1.1**.

Bảng 1.1

	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	H ₂
Thể tích %	78.08	20.95	0.93	0.03	0.01
Khối lượng %	75.51	23.01	1.236	0.04	0.001

Ngoài ra trong không khí còn có một lượng rất nhỏ He, Ne... và còn có hơi nước và bụi. Chính nước và bụi là các tác nhân gây ra rỉ sét và ăn mòn cho các thiết bị khí nén. Phải có những biện pháp hay thiết bị loại trừ hoặc giới hạn mức thấp nhất những thành phần đó trong hệ thống (Xem các phương pháp xử lý khí nén trong **bài 2**)

4.2. Phương trình trạng thái nhiệt động học

4.2.1. Phương trình trạng thái tổng quát

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

$$p_{\text{abs}} \cdot V = m \cdot R \cdot T. \quad (1.1)$$

Trong đó:

p_{abs} : Áp suất tuyệt đối [bar].

V : Thể tích của khí nén [m³].

m : Khối lượng [kg].

R : hằng số khí. [J/kg.K].

T : Nhiệt độ Kelvin [K].

4.2.2. Định luật Boyle - Mariotte

- Khi nhiệt độ không thay đổi (T = hằng số), theo phương trình (1.1) ta có:

$$p_{\text{abs}} \cdot V = \text{hằng số} \quad (1.2)$$

Nếu gọi:

V_1 [m³] là thể tích khí nén tại thời điểm áp suất là p_1 .

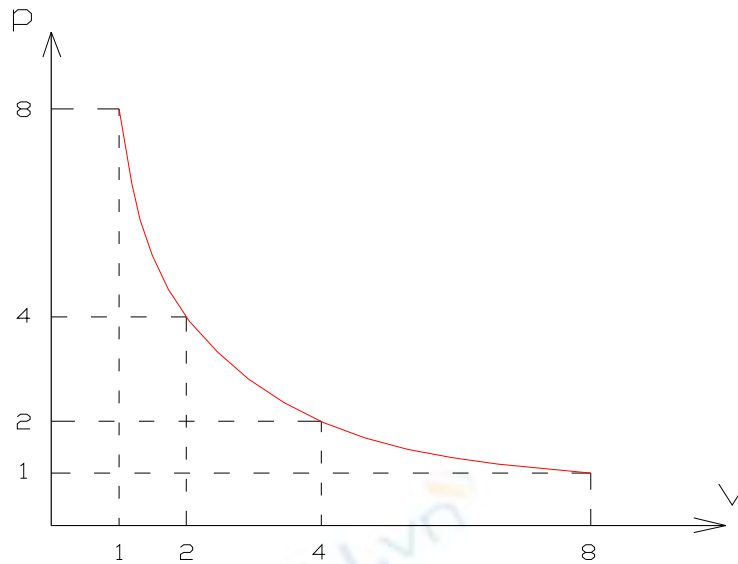
V_2 [m³] là thể tích khí nén tại thời điểm áp suất là p_2 .

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

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

Theo phương trình (1.2) ta có thể viết như sau:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_{\text{abs}2}}{p_{\text{abs}1}} \quad (1.3)$$



Hình MĐ17-01-2 - Sự phụ thuộc áp suất và thể tích khi nhiệt độ không đổi.

Hình MĐ17-01-2 biểu diễn sự phụ thuộc áp suất và thể tích khi 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):

$$W = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (1.4)$$

4.2.3. Định luật 1 Gay - Lussac

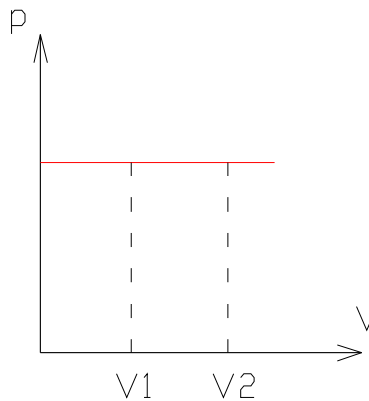
- Khi áp suất không thay đổi ($p = \text{hằng số}$), theo phương trình (1.1) ta có:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1.5)$$

Trong đó:

T_1 [K] nhiệt độ khối khí nén tại thời điểm có thể tích V_1 .

T_2 [K] nhiệt độ khối khí nén tại thời điểm có thể tích V_2 .



Hình MĐ17-01-3 - Sự thay đổi thể tích theo nhiệt độ khi áp suất không đổi.

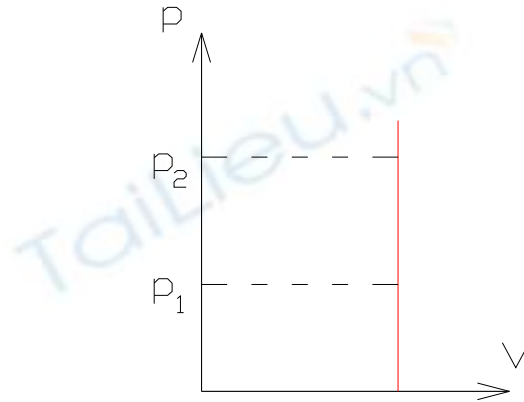
Hình MĐ17-01-3 biểu diễn sự thay đổi của thể tích theo nhiệt độ khi áp suất không thay đổi. Năng lượng nén và năng lượng giãn nở khối khí được tính theo phương trình:

$$W = p(V_2 - V_1) \quad (1.6)$$

4.2.4. Định luật 2 Gay - Lussac

- Khi thể tích không thay đổi ($V = \text{hằng số}$), theo phương trình (1.1) ta có:

$$\frac{p_{1abs}}{p_{2abs}} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1.7)$$



Hình MĐ17-01-4 - Sự thay đổi áp suất theo nhiệt độ khi thể tích không đổi.

Hình MĐ17-01-4 biểu diễn sự thay đổi của áp suất theo nhiệt độ khi thể tích không đổi. Bởi vì thể tích V không thay đổi nên năng lượng nén và năng lượng giãn nở bằng 0:

$$W = 0 \quad (1.8)$$

4.2.5. Phương trình đoạn nhiệt

Thể tích riêng của không khí:

$$v = \frac{V}{m} \text{ [m}^3\text{/kg]}. \quad (1.9)$$

Phương trình (1.1) có thể viết lại như sau:

$$\frac{p_{abs} V}{T} = mR = \text{hằng số} \quad (1.10)$$

Thay phương trình (1.9) vào phương trình (1.10), ta có phương trình trạng thái của khí nén:

$$\frac{p \cdot v}{T} = R, \text{ hay } p \cdot v = R \cdot T. \quad (1.11)$$

Trong đó R là hằng số khí.

Nhiệt lượng riêng c là nhiệt lượng cần thiết để nung nóng khối lượng không khí 1 kg lên 1^0K . Nhiệt lượng riêng khi thể tích không thay đổi ký hiệu là c_v , khi áp suất không thay đổi ký hiệu c_p . tỷ số của c_p và c_v gọi là số mũ đoạn nhiệt k :

$$k = \frac{c_p}{c_v} \quad (1.12)$$

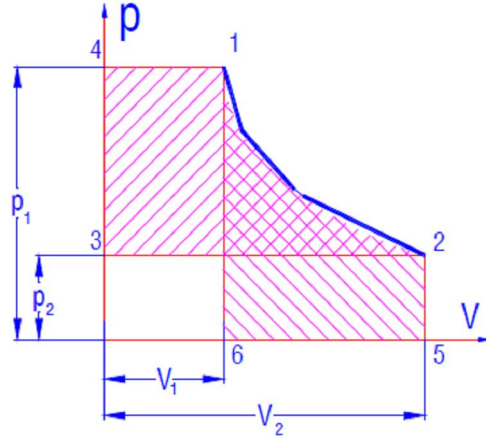
Hiệu số của c_p và c_v gọi là hằng số khí R :

$$R = c_p - c_v = c_p \frac{k-1}{k} = c_v(k-1) \quad (1.13)$$

Trạng thái đoạn nhiệt là trạng thái mà trong quá trình nén hay giãn nở không có nhiệt được đưa vào hay lấy đi, có phương trình sau:

$$p_1 v_1^k = p_2 v_2^k = \text{hằng số} \quad (1.14)$$

Hay
$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^k = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1.15)$$



Hình MD17-01-5 - Biểu đồ đoạn nhiệt.

Diện tích mặt phẳng 1, 2, 5, 6 trong **hình MD17-01-5** tương ứng lượng nhiệt giãn nở cho khối lượng khí 1 kg khí và có giá trị:

$$\begin{aligned} W &= \frac{p_1 \cdot v_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} \right] \\ W &= \frac{p_1 \cdot v_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \\ W &= \frac{p_1 \cdot v_1}{k-1} \left[1 - \frac{T_2}{T_1} \right] \end{aligned} \quad (1.16)$$

Công kỹ 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 trong **hình MĐ17-01-5**, là công thực hiện để nén hay công thực hiện khi áp suất khí giãn nở cho 1 kg không khí, có giá trị:

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

$$W_t = \frac{k}{k-1} p_1 \cdot v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]$$
(1.17)

Trong thực tế không thể thực hiện được quá trình đẳng nhiệt hay 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:

$$p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n = \text{hằng số}$$
(1.18a)

Hay:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^n = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}}$$
(1.18b)

Quá trình đẳng nhiệt: $n = 1$.

Quá trình đẳng áp: $n = 0$.

Quá trình đoạn nhiệt: $n = k$.

Quá trình đẳng tích: $n = \infty$.

4.3. Độ ẩm không khí

Mục tiêu:

- Hiểu được các đại lượng đặc trưng cho độ ẩm của không khí như lượng ẩm bão hoà, lượng ẩm tuyệt đối, độ ẩm tương đối và điểm hoá sương.

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 tới khi nào hơi nước đạt được áp suất bão hoà p'_w , áp suất của khí hỗn hợp trong không gian kín đó, theo Dalton là:

$$p = p_{\text{không khí}} + p'_w$$
(1.19)

Trong đó:

p : là 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'_w : áp suất riêng phần (áp suất của hơi nước bão hoà).

- Lượng nước bốc hơi cần thiết x'_w để đạt được áp suất bão hoà p'_w chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của không khí chứ không phụ thuộc vào áp suất của không khí.

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

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

- Độ ẩm tương đối của không khí được biểu thị dưới dạng % của tỉ số lượng ẩm tuyệt đối và lượng ẩm bão hoà:

$$\varphi = \frac{x}{x'} \cdot 100\% \quad (1.20)$$

- Trong **bảng 1.2** cho ta biết lượng ẩm bão hoà ở những nhiệt độ khác nhau.

Bảng 1.2

t [°C]	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90	100
x' [g/kg]	1.62	3.82	5.47	7.73	10.78	14.88	27.55	87.52	152.75	409.16	409.21

- Điểm hoá sương là điểm mà tại đó lượng hơi nước trong không khí đạt bão hoà.

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

- Áp suất điểm hoá sương là áp suất tại nhiệt độ điểm hoá sương.

4.4. Phương trình dòng chảy

Mục tiêu:

- Từ các phương trình dòng chảy liên tục và phương trình Becnully, tính toán được lưu lượng dòng khí nén và áp suất dòng khí nén tại các vị trí theo yêu cầu.

4.4.1. 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, ta có phương trình dòng chảy như sau:

$$Q_{v1} = Q_{v2} \quad (1.21)$$

$$\text{Hay: } w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2 = \text{hằng số.} \quad (1.21a)$$

Trong đó:

Q_{v1}, Q_{v2} [m³]: Lưu lượng dòng chảy tại vị trí 1 và vị trí 2.

w_1 [m/s]: Vận tốc dòng chảy tại vị trí 1.

w_2 [m/s]: Vận tốc dòng chảy tại vị trí 2.

A_1 [m²]: Tiết diện chảy tại vị trí 1.

A_2 [m²]: Tiết diện chảy tại vị trí 2.

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

$$W_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = W_2 \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \quad (1.22)$$

- Vận tốc dòng chảy tại vị trí 2:

$$W_2 = W_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} \quad (1.23)$$

4.4.2. Phương trình Bernoulli

- Phương trình Bernoulli được viết như sau:

$$m \cdot \frac{W_1^2}{2} + m \cdot g \cdot h_1 + m \cdot \frac{p_1}{\rho} = m \cdot \frac{W_2^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2 + m \cdot \frac{p_2}{\rho} \quad (1.24)$$

Trong đó:

$m \cdot \frac{W^2}{2}$: Động năng của dòng khí nén.

$m \cdot g \cdot h$: Thế năng của dòng khí nén.

$m \cdot \frac{p}{\rho} = V \cdot p$: Áp năng của dòng khí nén.

g : Gia tốc trọng trường.

ρ : Khối lượng riêng không khí.

p : Áp suất tĩnh.

- Phương trình (1.24) có thể được viết lại như sau:

$$\rho \cdot g \cdot h + p + W^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \text{hằng số.} \quad (1.25)$$

Trong đó:

$W^2 \cdot \frac{\rho}{2}$: là áp suất động học. (1.26)

- Như vậy áp suất toàn bộ là tổng của các áp suất thành phần:

$$p_{\text{ges}} = p_{\text{st}} + p_{\text{dyn}} \quad (1.27)$$

Trong đó:

p_{ges} : là áp suất toàn phần.

p_{st} : là áp suất tĩnh.

p_{dyn} : là áp suất động.

4.5. Lưu lượng khí nén qua khe hở

- Lưu lượng khối lượng khí q_m qua khe hở được tính như sau:

$$q_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_1 \sqrt{2 \rho_1 \Delta p} \text{ [kg/s]} \quad (1.28)$$