

KỸ THUẬT ĐO ÁP SUẤT

Đo lường là nền móng để tạo ra những thành tựu khoa học, kỹ thuật to lớn phục vụ cho cuộc sống và công cuộc chinh phục thế giới tự nhiên của loài người. Từ xa xưa, khi người ta sử dụng các đơn vị áp suất at, mmHg... có độ chính xác thấp và khó tái tạo, thì ngày nay chuẩn đơn vị áp suất đã đạt độ chính xác đến 10⁻⁶, các phương pháp đo, phương tiện đo đã phát triển đa dạng và được sử dụng rộng rãi. Có thể thấy rõ đo lường đã tiến một bước dài, sâu, rộng trên nhiều lĩnh vực và có ảnh hưởng to lớn đến mọi mặt đời sống xã hội. Giờ đây các phương tiện đo áp suất là một thành phần không thể thiếu trong sản xuất và lưu thông hàng hoá, trong đảm bảo an toàn lao động, vệ sinh an toàn thực phẩm và bảo vệ sức khoẻ của con người...

Thời gian gần đây trong các lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng kỹ thuật đo lường áp suất, việc sử dụng áp suất khí và thủy lực chiếm một vị trí rất quan trọng. Phạm vi ứng dụng đối với kỹ thuật đo áp suất đòi hỏi phải được mở rộng về cả hai phía áp suất thấp và áp suất cao. Ngoài ra áp suất còn được sử dụng phổ biến như trong ngành khí tượng thủy văn, ngành hàng không, ngành thủy khí động lực học, ngành cơ khí chế tạo máy, ngành kỹ thuật quân sự... và là đại lượng liên quan đến việc đo độ cao, độ sâu, thiết bị phục vụ chế tạo tên lửa, nghiên cứu vũ trụ, chế tạo chip bán dẫn v.v... Với việc sử dụng áp suất rộng rãi và đa dạng như vậy, kỹ thuật đo áp suất đòi hỏi các phương tiện đo phải đa dạng về cấu tạo và nguyên lý, do đó các phương pháp đo càng trở nên phức tạp hơn. Đối với kỹ thuật đo áp suất hiện tại, giới hạn đo áp suất có thể đạt được từ mức chân không 10-12 đến hàng ngàn bar với độ chính xác có thể đạt được đến 0,0001% (1 ppm). Phương tiện đo áp suất là loại phương tiện đo liên quan trực tiếp đến an toàn lao động và bảo vệ sức khoẻ con người. Vì vậy việc quản lý nhà nước đo lường đối với các phương tiện đo áp suất là một trong những nội dung đang được toàn xã hội quan tâm.

Với vai trò và ý nghĩa như vậy, chúng tôi mong muốn tài liệu “Kỹ thuật đo áp suất” sẽ trình bày cho người đọc một số kiến thức về các khái niệm cơ bản về kỹ thuật đo lường áp suất, cấu tạo và nguyên lý của các phương tiện đo, chuẩn đo lường đang được sử dụng rộng rãi, các vấn đề về liên kết chuẩn, sử dụng bảo quản chuẩn và các phương pháp thực hiện việc kiểm định/ hiệu chuẩn, tính toán và xử lý kết quả đo... Tài liệu được sử dụng là tài liệu tham khảo cho các cán bộ mới, cho các giảng viên xây dựng nội dung đào tạo kiểm định/ hiệu chuẩn viên và các sinh viên, cán bộ nghiên cứu quan tâm đến kỹ thuật đo lường áp suất. Các nội dung chính trình bày trong tài liệu như sau.

Chương 1: Tổng quan về lĩnh vực đo lường áp suất

Giới thiệu quá trình hình thành và phát triển của khoa học đo lường áp suất,

khái niệm về áp suất, các đơn vị đo lường áp suất, mối quan hệ chuyển đổi giữa các đơn vị áp suất và phương pháp đo áp suất.

1.1 Sơ lược quá trình hình thành và phát triển của khoa học đo lường áp suất

Bao gồm nội dung giới thiệu quá trình hình thành và phát triển của khoa học đo lường áp suất qua các giai đoạn như sau:

- Năm 1640 Gasparo Berti đã tiến hành một số thí nghiệm quan trọng ông đã sáng chế ra áp kế dạng chất lỏng đầu tiên trên thế giới.

- Năm 1644 Evangelista Torricelli nghĩ đến việc dùng ống thủy tinh chứa thủy ngân và nhận thấy rằng nó có thể dùng để đo áp suất không khí, ông đã sáng chế ra Baromet.

- Ngày 19 tháng 9 năm 1648, do sự gợi ý của Pascal ông Torricelli (tên gọi khác của Baromet) được đưa lên đỉnh Puy-de-Dome, một ngọn núi ở vùng Avinhông. Kết quả là áp suất không khí giảm khi độ cao của núi tăng lên. Perkin một nhà nghiên cứu tiên phong trong lĩnh vực này, năm 1826 đã sáng chế ra một thiết bị (giống như áp kế pittông ngày nay) có thể tạo được áp suất tới 200 MPa, trong đó lực nén được tạo ra theo nguyên tắc đòn bẩy. Năm 1833, hai nhà sáng chế Parrot và Lenz đã chế tạo được áp kế pittông đo đến 10 MPa dựa trên nguyên lý tải trọng trực tiếp. Khoảng cùng thời gian này, Bourdon cũng sáng chế ra áp kế lò xo và khoảng cuối thế kỷ 19 người ta đã chế tạo được áp kế pittông có sai số khoảng 0,04 % và giới hạn đo được nâng lên đến 300 MPa.

1.2 Khái niệm áp suất

Bao gồm các nội dung định nghĩa về áp suất và phân loại các dạng áp suất.

1.2.1 Định nghĩa.

Trình bày định nghĩa về áp suất: Áp suất là một đại lượng vật lý, có giá trị bằng tỷ số giữa lực tác dụng thẳng góc lên một diện tích phẳng và độ lớn của diện tích đó với giả thiết lực tác dụng phân bố đều trên toàn bộ diện tích phẳng.

1.2.2 Phân loại.

Bao gồm các nội dung trình bày các khái niệm như sau:

- Điểm áp suất “0” tuyệt đối và áp suất tuyệt đối
- Điểm “0” quy ước hay điểm “0” tương đối
- Áp suất tuyệt đối
- Áp suất chênh áp
- Áp suất dư và áp suất âm
- Minh họa mối quan hệ giữa các dạng áp suất qua hình vẽ.

1.3 Đơn vị đo lường áp suất

Bao gồm các nội dung trình bày về đơn vị thuộc hệ SI của áp suất, bội, ước của đơn vị áp suất. Định nghĩa các đơn vị tor (milimét thủy ngân ký hiệu mmHg), Đơn vị mét cột nước mH₂O. Trình bày mối quan hệ chuyển đổi giữa các đơn vị đo áp suất theo dạng bảng.

1.4 Phương pháp đo

Bao gồm các nội dung định nghĩa về phương pháp đo theo Tài liệu của Viện Đo lường quốc tế (BIPM).

Phân loại phương pháp đo bao gồm phương pháp đo trực tiếp và phương pháp đo gián tiếp

1.5 Ứng dụng của kỹ thuật đo áp suất

Trình bày nội dung liên quan:

- Đối với lĩnh vực khoa học
- Trong sản xuất công nghiệp
- Trong giao dịch thương mại
- Trong bảo vệ môi trường
- Trong vấn đề an toàn lao động
- Trong vấn đề bảo vệ sức khỏe con người
- Trong dự báo khí tượng và cảnh báo thảm họa
- Vấn đề quản lý nhà nước

1.6 Xu hướng phát triển của quốc tế

Trình bày xu hướng nghiên cứu chế tạo chuẩn đo lường có độ chính xác cao và phạm vi đo mở rộng.

Chương 2: Phương tiện đo

Bao gồm nội dung về phân loại phương tiện đo áp suất

Trình bày về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của một số phương tiện đo áp suất phổ biến

2.1 Phân loại phương tiện đo áp suất

Phương tiện đo áp suất là thiết bị được dùng độc lập hoặc cùng với các thiết bị phụ để thực hiện phép đo áp suất. Về phương diện cấu trúc, một phương tiện đo áp suất bất kỳ bao gồm tập hợp các phần tử chuyển đổi, đó là các thành phần cấu tạo chính của phương tiện đo, và các chi tiết phụ tuy không tham gia trực tiếp

vào phép chuyển đổi đo nhưng cần thiết để đảm bảo điều kiện hoạt động cho các thành phần cấu tạo chính.

2.1.1 Phân loại theo nguyên lý hoạt động

Dựa theo nguyên lý hoạt động, phương tiện đo áp suất được chia thành bốn nhóm như sau:

- Áp kế sử dụng phần tử đàn hồi
- Áp kế hoạt động theo nguyên lý điện
- Áp kế chất lỏng
- Áp kế pittông

2.1.2 Phân loại theo dạng áp suất

Áp suất được chia ra thành 5 dạng chính đó là: áp suất khí quyển, áp suất tuyệt đối, áp suất dư, áp suất âm (hay còn gọi là chân không), áp suất chênh áp. Tùy theo dạng áp suất mà người ta sử dụng các loại phương tiện đo áp suất có chức năng đo và phạm vi đo phù hợp.

2.1.3 Phân loại theo cấp chính xác

Quy định về dãy cấp chính xác, cấp chính xác của phương tiện đo áp suất theo khuyến nghị của tổ chức đo lường hợp pháp quốc tế OIML

Cấp chính xác đối với các phương tiện đo áp suất trong hoạt động đo lường

Cấp chính xác đối với phương tiện đo áp suất sử dụng trong công nghiệp

Cấp chính xác đối với phương tiện đo áp suất với nhằm mục đích thể hiện sự tồn tại của áp suất

2.1.4 Dạng của bộ chỉ thị

Trình bày dạng của bộ chỉ thị bao gồm 02 dạng chính:

Chỉ thị liên tục (analog)

Chỉ thị số (digital).

2.2 Cấu tạo, nguyên lý hoạt động, đặc trưng kỹ thuật và đo lường cơ bản của phương tiện đo áp suất

Giới thiệu về cấu tạo, nguyên lý hoạt động, đặc trưng kỹ thuật và đo lường cơ bản của một số phương tiện đo áp suất phổ biến như sau: Áp kế cơ sử dụng phần tử đàn hồi, áp kế chỉ thị số và bộ chuyển đổi áp suất, áp kế chất lỏng, áp kế pittông.

2.2.1 Áp kế cơ sử dụng phần tử đàn hồi

- Giới thiệu một số dạng phần tử đàn hồi phổ biến và đặc tính của chúng

- + Dạng Ống Bourdon bao gồm: ống chữ C, ống xoắn, ống xoắn nhiều vòng.
- + Dạng Màng bao gồm: màng phẳng, màng lòì, màng nếp sóng, hộp màng.
- + Dạng Hộp xếp bao gồm: hộp xếp hàn và hộp xếp không hàn.
- Giới thiệu một số loại áp kế phổ biến sử dụng các dạng phần tử đàn hồi nêu trên

- + Áp kế đàn hồi kiểu ống
- + Chân không kế và áp - chân không kế đàn hồi kiểu ống
- + Áp kế đàn hồi kiểu ống xoắn
- + Áp kế đàn hồi kiểu màng
- + Áp kế đàn hồi kiểu hộp màng
- + Áp kế đàn hồi kiểu hộp xếp
- + Một số đặc trưng kỹ thuật đo lường cơ bản của áp kế sử dụng phần tử đàn hồi: Phạm vi đo, cấp chính xác, độ phân giải, độ nhạy, sai số

2.2.2 Áp kế chỉ thị số và bộ chuyển đổi áp suất

Giới thiệu chung: Áp kế chỉ thị số và bộ chuyển đổi áp suất là phương tiện đo áp suất ứng dụng công nghệ cảm ứng áp điện để đo dao động áp suất. Tín hiệu của quá trình đo sẽ truyền từ cảm biến áp suất về khối xử lý trung tâm và được hiển thị trên bộ chỉ thị hiện đại nên người đo có thể dễ dàng quan sát hoặc chuyển đổi thành các tín hiệu đã chuẩn hóa (4~20) mA, (0~5) V, mV/V, ... phục vụ trong các bài toán điều khiển tự động hóa trong nhà máy. Cảm biến này bao gồm một màng ngăn được trang bị các phần tử cảm ứng áp điện. Áp suất làm cho màng ngăn bị biến đổi, sự biến đổi này gây ra sự thay đổi diện tích mặt cắt ngang của các phần tử đàn hồi ghép trực tiếp với điện trở.

Nguyên lý của cảm biến bao gồm dạng sau:

- + Nguyên lý điện trở
- + Nguyên lý Piezo-resistive
- + Nguyên lý điện dung
- + Nguyên lý Piezo-electric
- Ưu nhược điểm các loại cảm biến
- Ứng dụng của các loại cảm biến trong một số lĩnh vực: Giám sát giá trị quan trọng, điều khiển áp suất, đo lường gián tiếp các giá trị của quá trình
- Yêu cầu kỹ thuật đo lường cơ bản: Phạm vi đo, đặc tính, độ chính xác và sai số
- Một số biến thể của áp kế chỉ thị số: Baromet điện tử, huyết áp kế điện tử

2.2.3 Áp kế chất lỏng

Giới thiệu về nguyên lý chung của áp kế chất lỏng

Giới thiệu một số loại áp kế chất lỏng phổ biến: Áp kế chữ U, áp kế bình, áp kế hiệu số, vi áp kế bình loại ống thẳng, vi áp kế bình loại ống nghiêng, vi áp kế bù, khí áp kế thủy ngân

Giới thiệu chi tiết về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của một số loại khí áp kế trong thực tế: Khí áp kế bình, Khí áp kế kiểu Fortin, Khí áp kế kiểu liên hợp, Áp kế rút gọn

Một số đặc trưng kỹ thuật đo lường cơ bản của áp kế chất lỏng: Ảnh hưởng bởi nhiệt độ, độ tinh khiết của chất lỏng và gia tốc trọng trường, cách đọc chỉ số, Sai số.

2.2.4 Áp kế pittông

- Giới thiệu chung về áp kế pittông
- Phân loại áp kế pittông: theo độ chính xác, theo nguyên lý cấu tạo.
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông đơn giản
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông đơn giản chịu tải qua pittông dẫn
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông đơn giản dùng trong kỹ thuật
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông hiệu số
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông liên hợp
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông bội
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế chân không kiểu pittông
- Trình bày về nguyên lý cấu tạo của áp kế kiểu pittông có khe hở kiểm soát được
- Phương pháp xác định diện tích hiệu dụng của pittông: Phương pháp trực tiếp xác định chính xác kích thước hình học, Xác định diện tích hiệu dụng pittông dựa vào phép đo áp suất bằng áp kế thủy ngân, Xác định diện tích pittông hiệu dụng bằng áp suất hơi bão hòa, Xác định diện tích hiệu dụng của pittông bằng phương pháp cân bằng thủy tĩnh hai pittông
- Tính năng kỹ thuật và đo lường quan trọng đối với áp kế pittông: Tính năng kỹ thuật, tốc độ hạ, thời gian quay tự do của pittông trong xy lanh, diện tích hiệu dụng của pittông.
- Những số hiệu chính quan trọng đối với áp kế pittông
- Áp kế pittông chế độ đo tuyệt đối

Chương 3: Chuẩn và liên kết chuẩn đo lường trong lĩnh vực áp suất

3.1 Định nghĩa và phân loại chuẩn đo lường áp suất

3.1.1 Định nghĩa

3.1.2 Phân loại

- Phân loại dựa vào độ chính xác: Chuẩn đầu, chuẩn thứ, chuẩn bậc.
- Phân loại dựa vào chức năng, mục đích sử dụng có thể phân loại chuẩn thành: Chuẩn quốc tế, chuẩn quốc gia, chuẩn chính, chuẩn công tác

3.2 Liên kết chuẩn đo lường lĩnh vực đo áp suất

- Khái niệm liên kết chuẩn đo lường áp suất
- Sơ đồ liên kết chuẩn đo lường áp suất
- Giới thiệu hệ thống chuẩn đo lường áp suất của Việt Nam: Áp suất dư, áp suất tuyệt đối, áp suất chênh áp, áp suất chân không

3.3 Đánh giá và công bố độ không đảm bảo của chuẩn

Đối với phương tiện đo áp suất khi sử dụng là chuẩn đo lường chúng ta cần đánh giá để kiểm soát các thông số ảnh hưởng đến giá trị áp suất chuẩn đang tái tạo lại bởi hệ thống chuẩn đo lường và cũng có phương pháp đánh giá công bố độ không đảm bảo của chuẩn sau khi gửi đi liên kết chuẩn. Đánh giá và công bố độ không đảm bảo đo đối với chuẩn là áp kế pittông và áp kế chỉ thị số và tương tự

3.3.1 Chuẩn đo lường áp kế pittông

3.3.2 Chuẩn đo lường áp kế chỉ thị số và tương tự

3.4 So sánh liên phòng

Ở cấp độ toàn cầu, so sánh chủ chốt (key comparison) được lựa chọn bởi ban tư vấn kỹ thuật nhằm kiểm chứng nguyên lý kỹ thuật và phương pháp đối với từng lĩnh vực. So sánh chủ chốt có thể bao gồm các so sánh đối với các đại lượng cơ bản của hệ đơn vị SI và các đại lượng dẫn xuất. So sánh chủ chốt bao gồm 2 loại sau: So sánh cấp độ CIPM, So sánh cấp độ tổ chức đo lường khu vực (RMO):

Chương 4: Hiệu chuẩn và kiểm định phương tiện đo áp suất

4.1 Khái niệm hiệu chuẩn, kiểm định

- Khái niệm hiệu chuẩn phương tiện đo
- Khái niệm kiểm định phương tiện đo

4.2 Kiểm định/Hiệu chuẩn phương tiện đo áp suất

4.2.1 Phương pháp kiểm định/ hiệu chuẩn đối với trường hợp:

- Đo áp suất dư, môi trường truyền áp suất là khí
- Đo áp suất tuyệt đối, môi trường truyền áp suất là khí
- Đo áp suất chênh áp, môi trường truyền áp suất là khí
- Môi trường truyền áp suất là chất lỏng.
- Phương tiện đo là áp kế pittông ở chế độ đo áp suất tương đối và áp suất tuyệt đối

4.2.2 Chọn chuẩn đo lường

4.2.3 Điều kiện môi trường

4.2.4 Trình tự quá trình kiểm định/ hiệu chuẩn

4.2.5 Xử lý kết quả kiểm định, hiệu chuẩn

Trong khoảng thời gian không dài chúng tôi đã nỗ lực và cố gắng để hoàn thành tài liệu “Kỹ thuật đo lường áp suất” này, song chắc chắn không thể tránh khỏi những sai sót. Vì vậy, tôi rất mong được sự chia sẻ, góp ý của các chuyên gia, các đồng nghiệp và bè bạn để giáo trình này được hoàn thiện hơn.

Hà Nội, tháng 03/2024

Phòng Đo lường Áp suất, Viện Đo lường Việt Nam

Nguyễn Nam Thắng, Trần Nhật Minh, Đặng Đình Hiếu, Trần Khắc Dương

(Lưu ý: Nếu Quý độc giả quan tâm bản đầy đủ tài liệu kỹ thuật đo xin liên hệ theo số điện thoại 02438361136)