

KỸ THUẬT ĐO VÀ HIỆU CHUẨN PHƯƠNG TIỆN ĐO NHIỆT ĐỘ TIẾP XÚC

1. Mô tả chung:

Nhiệt độ là một trong 7 đơn vị cơ bản của hệ đơn vị đo lường quốc tế (SI). Đơn vị nhiệt độ là kelvin, ký hiệu là (K) hoặc Celsius, ký hiệu là ($^{\circ}\text{C}$); Trên thế giới hiện đang sử dụng Thang Nhiệt độ quốc tế 1990 (ITS - 90), bắt đầu từ 1/1/1990 cho đến hiện nay.

Nhiệt độ là một đại lượng vật lý quan trọng, ảnh hưởng đến tất cả các hiện tượng vật lý tự nhiên cũng như các quá trình sinh học, công nghệ, năng lượng... và đời sống xã hội, là một trong những thông số quan trọng trong bất kỳ loại nghiên cứu nào. Cho đến nay đã có nhiều phương pháp đo nhiệt độ khác nhau và hiện vẫn đang ngày càng được nghiên cứu, phát triển; Nhìn chung, phương pháp đo nhiệt độ thường theo nguyên lý đo của 2 loại phương tiện đo (PTĐ): Các PTĐ nhiệt độ kiểu tiếp xúc với vật cần đo và kiểu đo không cần tiếp xúc; Việc lựa chọn phương pháp đo nào phù hợp nhất cho mỗi ứng dụng để đạt được các số đọc chính xác nhất vẫn luôn là bài toán đầu tiên khi tính đến hiệu quả và kinh tế trong các phép đo nhiệt độ. Ngoài ra việc đo nhiệt độ và ước lượng độ không đảm bảo đo của phép đo luôn là ưu tiên hàng đầu của hầu hết các PTĐ nhiệt độ nói chung.

Nội dung chính của cuốn tài liệu kỹ thuật này tập trung vào việc phân tích *các phương pháp đo nhiệt độ tiếp xúc khác nhau* và các nguồn gốc gây ra sai số, từ đó có thể ước lượng một cách khá đầy đủ độ không đảm bảo đo; Nội dung tài liệu cũng đề cập chi tiết đến *chuẩn đo lường và dẫn xuất chuẩn đơn vị nhiệt độ, các phương pháp hiệu chuẩn, kiểm định các PTĐ nhiệt độ kiểu tiếp xúc* tiên tiến và đang áp dụng rộng rãi hiện nay, dựa theo các khuyến cáo của Ủy Ban tư vấn Nhiệt quốc tế (CCT/BIPM) và các Hướng dẫn của tổ chức Đo lường Châu Á – Thái Bình Dương (APMP), mà Việt Nam, với đại diện là Viện Đo lường Việt Nam (VMI) là thành viên đầy đủ.

Tài liệu kỹ thuật này được coi là Phần 1 của bộ tài liệu kỹ thuật về kỹ thuật đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ; Phần 2 được phát hành với nội dung tài liệu “*Kỹ thuật đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ không tiếp xúc*”, với bố cục nội dung tương tự như phần 1, đề cập đến các phương pháp đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ không tiếp xúc (hay gọi là nhiệt kế bức xạ) đang áp dụng rộng rãi trên thế giới hiện nay (xem chi tiết giới thiệu nội dung tài liệu “*Kỹ thuật đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ không tiếp xúc*”).

2. Nội dung tài liệu:

Đây là tài liệu kỹ thuật tương đối tổng quát và đầy đủ nhất từ trước đến nay về các phương pháp đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ tiếp xúc; Nội dung của tài liệu gồm giới thiệu tổng quan, lịch sử phát triển của các Thang nhiệt độ, các

phương pháp đo nhiệt độ, cấu tạo, nguyên lý làm việc của các loại cảm biến đo nhiệt độ tiếp xúc khác nhau; Đưa ra các phương pháp và PTĐ đo nhiệt độ chính, với mức độ chính xác khác nhau, từ chuẩn nhiệt độ cao nhất (các điểm chuẩn nhiệt độ) đến các PTĐ nhiệt độ đang sử dụng phổ biến trong công nghiệp hiện nay. Đặc biệt, nội dung tài liệu cũng đề cập đến các phương pháp đo nhiệt độ trong môi trường chất rắn, lỏng, khí, đo nhiệt độ của vật thể chuyển động, đo nhiệt độ trong y học, đo nhiệt độ khi sử dụng máy tính làm thiết bị hiển thị, cũng như các phương pháp điều chế tín hiệu nhiệt độ, các nghiên cứu về đặc tính động học của hệ thống đo nhiệt độ, về bộ điều khiển nhiệt độ đang sử dụng hiện nay... và các phương pháp hiệu chuẩn chúng.

Nội dung của tài liệu cũng dành khối lượng đáng kể đề cập đến liên kết chuẩn đo lường, nguồn gốc và cách ước lượng độ không đảm bảo đo trong hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ tiếp xúc; trình tự đo và xử lý kết quả hiệu chuẩn, kiểm định cũng như các đặc trưng đo lường cơ bản cho mỗi loại PTĐ nhiệt độ khi hiệu chuẩn và sử dụng.

Một số chương cũng lần đầu tiên được đưa vào, cập nhật mới, phù hợp với quá trình phát triển rất nhanh chóng của KHKT và kinh tế - xã hội hiện nay như giới thiệu các phép đo nhiệt độ trong khu vực nguy hiểm cháy nổ, các phương pháp tự ghi và lưu trữ số liệu đo (dataloggers), cùng với các phần mềm để đo nhiệt độ và kỹ thuật đo mô phỏng (simulate temperature signals)... trong kĩ nguyên số hiện nay cũng được mô tả, giới thiệu.

Một số lượng lớn các ví dụ, bảng và sơ đồ cũng được trình bày để hỗ trợ trong việc lựa chọn và triển khai hệ thống đo nhiệt độ phù hợp nhất cho mỗi ứng dụng cụ thể; Một số ví dụ về phép hiệu chuẩn, kiểm định đối với các PTĐ đang sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng được minh họa chi tiết... Ngoài ra, nhiều tài liệu tham khảo về đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ tiếp xúc cho phép người đọc tìm thấy thông tin bổ sung liên quan đến những khía cạnh mà nội dung tài liệu không thể xem xét chi tiết hơn trong tài liệu này.

Nội dung tài liệu gồm 13 Chương, trong đó có 10 Chương dành cho kỹ thuật đo và nguyên lý hoạt động của các cảm biến đo nhiệt độ tiếp xúc; 3 Chương còn lại đề cập chi tiết đến chuẩn đo lường và liên kết chuẩn đơn vị nhiệt độ, các ví dụ tính toán hiệu chuẩn và đánh giá độ không đảm bảo đo của phép hiệu chuẩn... Ngoài các Chương còn có phần Phụ lục, trình bày các phương trình đặc tính của các cảm biến đo nhiệt độ tiếp xúc; Các Bảng chuẩn theo Thang nhiệt độ ITS – 90; Các Bảng quan hệ giữa nhiệt độ với các thông số liên quan của các cảm biến đo nhiệt độ khác nhau; Các Đồ thị đặc tính... và Tài liệu tham khảo (xem phần Mục lục tài liệu bên dưới).

Tài liệu được biên soạn bởi các cán bộ đã từng công tác tại Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về Đo lường nhiệt độ, thuộc Viện Đo lường Việt Nam; Trường ĐHBK Hà Nội và Chi cục TĐC Hà Nội, gồm các ông: Vũ Quang

Cường¹; Phạm Thanh Bình²; Lương Thế Ngọc³ và Nguyễn Mạnh Cường⁴; Cùng với những ý kiến góp ý thiết thực của các chuyên gia đầu ngành bên ngoài về đo lường, hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ.

Tài liệu có thể dùng làm sách tham khảo, tra cứu, giáo trình giảng dạy... về đo lường và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ; Nó cũng rất hữu ích cho các kỹ sư đo lường – hiệu chuẩn, các nhà khoa học nghiên cứu ứng dụng và lý thuyết đo nhiệt độ cũng như độc giả là hiệu chuẩn viên, kiểm định viên, sinh viên các trường Cao đẳng, Đại học kỹ thuật có môn Đo lường - Điều khiển các PTĐ nhiệt độ và những ai quan tâm, muốn tìm hiểu kỹ thuật đo và hiệu chuẩn các PTĐ nhiệt độ.

Nội dung cụ thể của tài liệu như sau:

Chương 1: Các Thang đo nhiệt độ và phân loại nhiệt kế

- 1.1 Khái niệm về Nhiệt độ
- 1.2 Các Nhiệt kế đo nhiệt độ đầu tiên
- 1.3 Các Thang nhiệt độ nhiệt động học
- 1.4 Các Thang nhiệt độ thực tế
- 1.5 Phân loại nhiệt kế
 - 1.5.1 Nguyên tắc chung để phân loại
 - 1.5.2 Nhiệt kế kiểu tiếp xúc không dùng điện
 - 1.5.3 Nhiệt kế kiểu tiếp xúc dùng điện
 - 1.5.4 Nhiệt kế kiểu không tiếp xúc
 - 1.5.5 Dải đo nhiệt độ của các nhiệt kế

Chương 2: Nhiệt kế không dùng điện

- 2.1 Nhiệt kế thủy tinh – chất lỏng
- 2.2 Nhiệt kế dẫn nở
 - 2.2.1 Nhiệt kế dẫn dài (chất rắn)
 - 2.2.2 Nhiệt kế lưỡng kim
- 2.3 Nhiệt kế áp suất
- 2.4 Mẫu chỉ báo nhiệt độ
 - 2.4.1 Chóp nón đo nhiệt độ
 - 2.4.2 Sơn nhiệt
 - 2.4.3 Bút chỉ thị màu nhiệt độ
 - 2.4.4 Tem chỉ thị nhiệt độ
 - 2.4.5 Chỉ thị nhiệt độ tinh thể lỏng
- 2.5 Công tắc nhiệt độ

Chương 3: Nhiệt kế dùng điện

- 3.1 Nhiệt kế điện trở
- 3.2 Cặp nhiệt điện

- 3.3 Cảm biến bán dẫn
- 3.4 Nhiệt kế sợi quang
- 3.5 Bộ chuyển đổi nhiệt độ

Chương 4: Xử lý tín hiệu đo của cảm biến nhiệt độ

- 4.1 Giới thiệu
- 4.2 Phương pháp xử lý tín hiệu đo
 - 4.2.1 Chuyển đổi bản chất tín hiệu
 - 4.2.2 Chuyển đổi dải đo tín hiệu
 - 4.2.3 Chuyển đổi hình dạng tín hiệu
- 4.3 Truyền tín hiệu đo
- 4.4 Phép đo nhiệt độ đa kênh
- 4.5 Bộ chuyển đổi tín hiệu nhiệt độ
- 4.6 Thiết bị chỉ thị và tự ghi nhiệt độ
- 4.7 Bộ điều khiển nhiệt độ

Chương 5: Hệ thống đo nhiệt độ dùng máy tính

- 5.1 Xu hướng phát triển của thiết bị quá trình
- 5.2 Phần cứng đo nhiệt độ bằng máy tính
 - 5.2.1 Mô đun đo bên ngoài
 - 5.2.2 Thẻ Card ghi số liệu đo
- 5.3 Phần mềm đo nhiệt độ bằng máy tính

Chương 6: Đo nhiệt độ trong chế độ động học

- 6.1 Thông tin chung
 - 6.1.1 Sai số động
 - 6.1.2 Đặc tính động
- 6.2 Cảm biến nhiệt độ lý tưởng
 - 6.2.1 Hàm truyền của cảm biến lý tưởng
 - 6.2.2 Đo nhiệt độ thay đổi theo thời gian
- 6.3 Cảm biến nhiệt độ thực
 - 6.3.1 Cấu trúc cảm biến
 - 6.3.2 Thay đổi hệ số truyền nhiệt
 - 6.3.3 Hàm truyền tương đương
 - 6.3.4 Tính toán đặc tính động
- 6.4 Xác định bằng thực nghiệm đặc tính động của cảm biến
- 6.5 Đặc tính động của một số cảm biến trong công nghiệp
- 6.6 Hiệu chỉnh các sai số động

Chương 7: Đo nhiệt độ của vật rắn, lỏng và khí

- 7.1 Đo nhiệt độ vật thể rắn theo phương pháp tiếp xúc

7.2 Đo nhiệt độ của chất lỏng, khí

Chương 8: Đo nhiệt độ các vật thể chuyển động

8.1 Giới thiệu chung

8.2 Phương pháp đo không tiếp xúc

8.3 Phương pháp đo kiểu trượt

8.4 Mạch cảm ứng

8.5 Hệ thống đo không dây

8.6 Cảm biến ma sát và phương pháp đo không tiếp xúc

Chương 9: Đo nhiệt độ trong các thiết bị công nghiệp

9.1 Mô tả chung

9.2 Lò nung, tủ nhiệt

9.3 Lò nung liên tục

9.4 Lò muối

9.5 Lò vỏ thủy tinh

9.6 Lò gia nhiệt kiểu cảm ứng điện từ

9.7 Lò gia nhiệt kiểu điện môi

9.8 Các PTĐ nhiệt độ trong PTN

9.8.1 Lò chuẩn nhiệt độ

9.8.2 Bình điều nhiệt chất lỏng

9.8.3 Tủ nhiệt

9.9 Đo nhiệt độ kim loại nóng chảy

9.10 Đo nhiệt độ trong vùng nguy hiểm

Chương 10: Đo nhiệt độ trong y học

10.1 Giới thiệu chung

10.2 Đo lường trong chẩn đoán bệnh

10.3 Đo lường trong trị liệu và chẩn đoán bệnh sử dụng từ trường tần

số cao

10.4 Các phép đo khác

Chương 11: Chuẩn và liên kết chuẩn đo lường

11.1 Hệ thống chuẩn đo lường đơn vị nhiệt độ nhiệt động học

11.2 Dẫn xuất chuẩn đơn vị nhiệt độ

11.3 Sơ đồ liên kết chuẩn

Chương 12: Các đặc trưng đo lường cơ bản các PTĐ nhiệt độ tiếp xúc

12.1 Giới thiệu chung

12.2 Sai số cơ bản cho phép

12.3 Phạm vi đo

12.4 Giới hạn độ phân giải, độ chia

- 12.5 Độ nhạy
- 12.6 Độ chính xác
- 12.7 Cấp chính xác
- 12.8 Độ ổn định nhiệt độ
- 12.9 Độ đồng đều nhiệt độ
- 12.10 Độ hồi sai, hồi trễ
- 12.11 Độ lặp lại
- 12.12 Độ tái lập
- 12.13 Dung sai
- 12.14 Độ trôi lâu dài
- 12.15 Độ không đảm bảo đo

Chương 13: Hiệu chuẩn và kiểm định các PTĐ nhiệt độ tiếp xúc

- 13.2 Khái niệm sai số và độ không đảm bảo đo
- 13.3 Độ không đảm bảo đo tổng và phương pháp chọn chuẩn
- 13.4 Hiệu chuẩn một số loại PTĐ nhiệt độ tiếp xúc
 - 13.4.1 Nhiệt kế thủy tinh – chất lỏng
 - 13.4.2 Nhiệt kế điện trở công nghiệp
 - 13.4.3 Nhiệt kế chỉ thị hiện số
 - 13.4.4 Cặp nhiệt điện công nghiệp

Phụ lục: Các Bảng tra cứu

- Phụ lục 1: Các Hình vẽ, Bảng và đồ thị
- Phụ lục 2: Sai số cho phép của nhiệt kế thủy tinh – chất lỏng nhưng toàn phần
- Phụ lục 3: Sai số cho phép của nhiệt kế thủy tinh – chất lỏng nhưng một phần
- Phụ lục 4: Hệ số giãn nở tương đối của thủy tinh và chất lỏng
- Phụ lục 5: Bảng nhiệt độ - điện trở của nhiệt kế điện trở
- Phụ lục 6: Phương trình và Bảng nhiệt độ - s.n.đ.đ. của các loại cặp nhiệt điện

3. Tương lai phát triển và ứng dụng

Ngày nay, nghiên cứu nhiệt độ thấp và các hiện tượng xảy ra ở nhiệt độ thấp là xu hướng nghiên cứu vật lý phát triển mạnh mẽ hiện nay. Chúng ta biết có một giới hạn thấp nhất cho nhiệt độ, đó là độ không tuyệt đối (0 K hay bằng -273,15 °C). Với công nghệ và kỹ thuật ngày càng hiện đại, các thành tựu khoa học hiện nay đã đạt được nhiều kỉ lục trong cuộc đua đến với những trạng thái nhiệt độ cực thấp. Với ngưỡng nhiệt độ mà con người biết đến hiện nay có đến 18 thang bậc độ lớn (từ nhiệt độ cao nhất của các sao nóng trong vũ trụ, tới 10^9 K đến nhiệt độ thấp nhất thu được đối với hạt nhân của chất rắn: 10^{-6} K, gần đến độ không tuyệt

đôi), thì cần phải có nhiều loại nhiệt kế mới được phát triển, chế tạo để có thể khai thác nó trong nhiều lĩnh vực ứng dụng của xã hội loài người ngày càng phát triển trong tương lai, đặc biệt trong kỷ nguyên số 4.0 ngày nay.

Nhiệt học là ngành vật lý có viễn cảnh vô cùng to lớn áp dụng trong cả lý thuyết và thực tiễn.

Hà Nội, tháng 3/2024

Phòng đo lường Nhiệt, Viện Đo lường Việt Nam

Đỗ Văn Hồng, Phạm Thanh Bình và cộng sự

(Lưu ý: Nếu Quý độc giả quan tâm bản đầy đủ tài liệu kỹ thuật đo xin liên hệ theo số điện thoại 0912173413)