INSO
16758
1st-Edition
Oct.2013

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۶۷۵۸
چاپ اول
مهر ۱۳۹۲

اندازه‌گیری دمای محیطی سطح با استفاده از حس‌گرهای دمایی مقاومت الکتریکی

Measuring Surface Atmospheric Temperature with Electrical Resistance Temperature Sensors

ICS :17.200.20

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده‌ی۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۰۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۰۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است-

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی(رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته‌ی ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۵ تدوین و در کمیته‌ی ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند-در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشو ر و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید-سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آن را اجباری نماید-همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه‌ی مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه‌ی تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می‌کند-ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International organization for Standardization
2 - International Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 - Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" اندازه‌گیری دمای محیطی سطح با استفاده از حس‌گرهای دمایی مقاومت الکتریکی "

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ابوترابی زارچی، حسین (دکترای برق- قدرت)	عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد و مدیر آزمایشگاه تست میدانی فتوولتایی پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه فردوسی مشهد
دبیر:	
حسینی، ابراهیم (لیسانس فیزیک)	کارشناس استاندارد
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسماعیلی، حمید (لیسانس مدیریت)	مدیرعامل شرکت انرژی‌های تجدیدپذیر خراسان
اصغریان رضایی، مسعود (فوق لیسانس مدیریت دولتی)	مدیر کل اداره استاندارد استان خراسان رضوی
تقی زاده، مجید (فوق‌لیسانس مهندسی برق- قدرت)	کارشناس ارشد گروه طراحی پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه فردوسی مشهد
چوبینه، معین (فوق‌لیسانس مهندسی برق- قدرت)	سرپرست آزمایشگاه تست میدانی فتوولتایی پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه فردوسی مشهد
زرسازان خراسانی ، سعید (لیسانس برق)	مدیرعامل شرکت توسعه صنعت پاوان
صادقی شقاقی، حمیدرضا (فوق‌لیسانس برق- الکترونیک)	مدیر فنی آزمایشگاه تست میدانی فتوولتایی پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه فردوسی مشهد
صبور داوودیان، سید علیرضا (لیسانس برق- قدرت)	کارشناس دفتر تحقیقات شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
علی‌آبادی، هادی (فوق‌لیسانس برق- قدرت)	کارشناس شرکت برق منطقه‌ای خراسان رضوی
قرائی، محمدنیا (دکتری اقلیم شناسی)	رئیس اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی خراسان رضوی- مشهد

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ه
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ اهمیت و کاربرد	۴
۵ اساس کار	۵
۶ دماسنج‌های مقاومتی	۵
۶-۱ ملزومات اندازه‌گیری دما	۵
۶-۲ مشخصه حس‌گر	۶
۶-۳ حس‌گرهای رایج	۶
۷ پوشش‌های محافظ	۷
۷-۲ اثرات تشعشعات زمینی و خورشیدی	۷
۷-۳ طراحی پوشش محافظ	۷
۸ مکان مناسب برای اندازه‌گیری دما	۸
۸-۱ تعریف ایستگاه شناسایی	۸
۸-۲ ارتفاع اندازه‌گیری	۸
۸-۳ مکان یابی	۹
۹ نصب حس‌گر	۹
۹-۱ نصب حس‌گر	۹
۹-۲ کابل سیگنال	۹
۹-۳ نمونه‌برداری و خروجی اطلاعات	۱۰
۹-۴ روش‌های ویژه برای پراش و شار دما	۱۰
۱۰ کالیبراسیون	۱۰
۱۰-۲ آزمون‌های کالیبراسیون مقایسه‌ای	۱۰
۱۰-۳ جایگزین مقاومت	۱۰
۱۰-۴ محدوده آزمایش	۱۱
۱۱ دقت و اوریب	۱۱
۱۲ کلمات کلیدی	۱۱

پیش گفتار

استاندارد " اندازه‌گیری دمای محیطی سطح با استفاده از حس‌گرهای دمایی مقاومت الکتریکی" که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و یازدهمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد اندازه شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۲/۰۶/۱۳مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت-بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D 6176: 2008, Measuring Surface Atmospheric Temperature with Electrical Resistance Temperature Sensors

اندازه‌گیری دمای محیطی سطح با استفاده از حس‌گرهای دمایی مقاومت الکتریکی

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌های اجرایی به منظور اندازه‌گیری دمای نزدیک به سطح در محیط آزاد، جهت استفاده در کاربردهای هواشناسی است. این کار با استفاده از دماسنج‌های الکتریکی رایجی که در پوشش‌های محافظ تابشی[1] که بر روی دکل‌ها یا برج‌های ثابت و متحرک نصب می‌گردند، انجام می‌گیرد.

۱-۲ این استاندارد برای اندازه‌گیری دما در محدوده دمای محیطی $^{\circ}C$ ۵۰- الی $^{\circ}C$ ۵۰+ کاربرد دارد.

۱-۳ سامانه‌های اندازه‌گیری دمای هوا شامل یک پوشش محافظ تابشی، یک دماسنج مقاومتی، کابل‌های سیگنال و ادوات الکترونیکی مربوطه می‌باشد.

۱-۴ اندازه‌گیری دما می‌تواند در حالت تک سطحی برای مقاصد هواشناسی و یا در حالت دو یا چند سطحی برای تغییرات عمودی دمای و با استفاده از تجهیزات خاص (در یک سطح یا چند سطح) برای نوسانات دما همراه با زمان صرف شده برای اندازه‌گیری‌های شار گرمایی و پراش[2] صورت گیرند.

۱-۵ این استاندارد تمام شرایط ایمنی مربوط به این موضوع را پوشش نمی‌دهد، مسولیت ایمنی، سلامت و تعیین کاربردی بودن محدودیت‌های نظارتی قبل از استفاده از استاندارد، برعهده کاربر است.

۱-۶ این استاندارد برای کمک به کاربران در زمینه انتخاب یک سامانه اندازه‌گیری مناسب دما برای کاربرد جوی موردنظر و نصب و استفاده صحیح از سامانه طراحی شده است. توصیه‌های سازنده و کتاب راهنمای آژانس زیست محیطی در زمینه کنترل کیفیت اندازه‌گیری هواشناسی بایستی برای مراحل کالیبراسیون[3] و تعیین کیفیت مورد استفاده و مشورت قرار گیرد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی به آن‌ها ارجاع داده شده است-بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن مورد نظر است.

استفاده از مراجع الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳: سال۱۳۹۰، واژه نامه اندازه شناسی مفاهیم پایه عمومی و اصطلاحات مربوط

1- Radiation sheild
2-Variance
3-Calibration

2-2 ASTM D1356 Terminology Relating to Sampling and Analysis of Atmospheres
2-3 ASTM E344 Terminology Relating to Thermometry and Hydrom-etry
2-4 ASTM E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance Ther-mometers
2-5 ASTM E1137/E1137M Specification for Industrial Platinum Re-sistance Thermometers

۳ اصطلاحات، تعاریف، انواع سامانه و پارامترها

علاوه بر اصطلاحات و تعاریف مندرج در استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳ و استاندارد ASTM D 1356 و ASTM E 344 ، واژگان و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۳-۱

سیم‌های رابط

سیم‌هایی که از المان شروع شده و به انتهای کابل و غلاف[1] خارجی آن منتهی می‌گردد.

۳-۲

تبادل‌پذیری

محدوده‌ای که در آن، دماسنج با یک رابطه مقاومت – دما همخوانی دارد.

۳-۳

ناحیه عملکرد معکوس

افزایش دمای بالقوه (نهانی) با افزایش ارتفاع (به بند ۳-۴ و ۳-۱۴ مراجعه شود).

۳-۴

نرخ افت

تغییر دما بواسطه افزایش ارتفاع (به بند ۳-۱ و ۳-۱۴ مراجعه شود)

۳-۵

دماسنج مقاومتی

یک ابزار اندازه‌گیری دما است که از یک المان دماسنجی مقاومتی، سیم‌های رابط داخلی و یک پوسته محافظ با یا بدون وسیله‌ای برای نصب، درگاه ارتباطی یا سیم رابط برای ارتباط با سایر وسایل و لوازم یا هر دو می‌باشد (به بند ۳-۱۰ مراجعه شود).

۳-۶

المان دماسنجی مقاومتی

1- Sheath

قسمت حساس به دما در یک دماسنج که از یک سیم، لایه یا ماده نیمه هادی مقاومتی، سازه نگه‌دارنده آن و وسیله‌ای برای اتصال سیم‌های رابط تشکیل شده است.

۷-۳

مقاومت گرمایی

نیمه هادی که کارکرد اصلی آن نشان دادن یک تغییر یکنواخت (به طور معمول یک کاهش) در مقاومت الکتریکی‌اش به هنگام افزایش دمای حس‌گر است.

۸-۳

محیط

قسمتی از جو که در آن دمای هوا به واسطه ساختار محلی، منطقه‌ای، منابع گرما و جذب کننده‌های گرما تغییر نمی‌یابد.

۹-۳

حس‌گر

معادل با دماسنج مقاومتی استفاده می‌شود (به بند ۳-۵ مراجعه شود).

۱۰-۳

پوشش محافظ

یک محفظه دارای تهویه که برای به حداقل رساندن اثرات تشعشعات خورشیدی و زمینی بر روی حس‌گر دما طراحی شده است که همزمان تبادل دما به صورت همرفتی بین حس‌گر و هوای در حال عبور را به حداکثر می‌رساند و همچنین از حس‌گر در مقابل رطوبت مایع محافظت می‌کند. از آن نیز به عنوان پوشش محافظ تابشی نام برده می‌شود.

۱۱-۳

اختلاف دما

اختلاف بین دو یا چند مورد اندازه‌گیری دما که به صورت همزمان اندازه‌گیری شده اند تعریف می‌شود. به طور عمده این چند نقطه برای اندازه‌گیری به صورت عمودی در یک مکان واحد از هم مجزا شده‌اند (به بند ۳-۳ و ۳-۴ مراجعه شود).

۱۲-۳

پراش دما

یک معیار آماری است که انحراف دمای هر نقطه‌ی اندازه‌گیری شده را با مقادیر بدست آمده از یک دوره نمونه‌برداری تعیین شده توسط کاربر بیان می‌کند.

یادآوری - پراش دمایی، قابلیت تغییر دما در نقطه خاصی از جو را توصیف می‌کند. کوواریانس دما و سرعت عمودی، شار دمایی قابل اندازه‌گیری را بیان می‌کنند.

۱۳-۳

تابع انتقال

ارتباط بین مقاومت الکتریکی حس‌گر دمایی و دمای مرتبط با آن

۱۴-۳

گرادیان دمای عمودی

تغییر دما با ارتفاع ($\Delta T/\Delta Z$ یا $\partial T/\partial Z$) که معمولاً بر حسب درجه سلسیوس بر متر بیان می‌شود. همچنین به عنوان نرخ تغییر برای کاهش دما و یا معکوس شدگی به خاطر افزایش دما شناخته می‌شود (به بند ۳-۳ و ۳-۴ مراجعه شود).

۱۵-۳

نمادها

agl بالای سطح زمین

ΔT یا ∂T تغییرات دمای بین دو نقطه

ΔZ یا ∂Z اختلاف بین دو ارتفاع در بالای سطح زمین

T دما، درجه آن در مقیاس مناسب که به طور عمده سلسیوس می‌باشد.

Z ارتفاع بالای سطح زمین که به طور عمده بر حسب متر است.

τ ثابت زمانی، زمانی است که یک حس‌گر به مقدار ٪ ۶۳/۲ یا ($1-{}^{1}\!/_{e}$) از تغییر دما، تغییر می‌یابد.

۴ اهمیت و استفاده

۱-۴ کاربردها

در اندازه‌گیری دمای جوی محیط می‌تواند با استفاده از دماسنج‌های مقاومتی با اهداف متفاوتی صورت گیرد. این کاربرد، بهترین گونه‌های دماسنج مقاومتی و روش‌های ذخیره اطلاعاتی که استفاده می‌شود را تعیین می‌نماید. مثال‌هایی از سه کاربرد اندازه‌گیری دما در زمینه هواشناسی در ادامه بیان شده است.

۱-۱-۴ در اندازه‌گیری‌های تک سطحی، نزدیک به سطح زمین به منظور ثبت مشاهدات هواشناسی، محاسبات ترمودینامیک و کاربردهای صنعتی یا مطالعات محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۱-۴ در اندازه‌گیری تغییرات و یا گرادیان عمودی دما برای مشخص کردن پایداری جوی در مطالعات تحلیل پراکندگی جوی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۱-۴ در اندازه‌گیری نوسانات دما برای محاسبه دما یا شار دمایی یا محاسبات دما- پراش و یا هردو. اندازه‌گیری‌های شار دمایی یا پراش دما نیازمند دقت اندازه‌گیری بالا به همراه پاسخ سریع به تغییرات دمای محیط می‌باشد.

۵ اساس کار

۵-۱ اندازه‌گیری دمای محیط با استفاده از دماسنج‌های مقاومتی به طور معمول توسط حس‌گرهای مقاومت گرمایی یا سیم‌ها یا لایه‌های نازک پلاتینیوم صورت می‌گیرند. همچین می‌توان از حس‌گرهای ساخته شده با مواد دارای خواص مشابه استفاده نمود. حس‌گرها در داخل پوشش‌های محافظ که به طور مکانیکی یا طبیعی تهویه می‌گردند قرار می‌گیرند. دمای حس‌گر بایستی معرف دمای محیط باشد. برای رسیدن به این هدف، ماده سازنده حس‌گر و نحوه در معرض قرار گرفتن داخل پوشش محافظ بایستی طوری انتخاب شوند که انتقال دما به صورت همرفتی بین حس‌گر و محیط بیشینه گردد و اثر تشعشعات خورشیدی و زمینی به سمت حس‌گر کمینه گردد. دماسنج مقاومتی (حس‌گر) بایستی به حدی مقاوم باشد که بتواند در محیط مورد کاربرد بدون خرابی و به صورت پایدار عمل کند. حس‌گرها به مدارات الکترونیکی با قابلیت اندازه‌گیری، نمایش و ذخیره اطلاعات (هردو) متصل می‌گردند. همچنین توصیه می‌شود به منظور کنترل کیفیت و تضمین کیفیت اطلاعات اندازه‌گیری شده از روش‌های اجرایی و عملیاتی در این زمینه استفاده شود.

۶ دماسنج‌های مقاومتی

۶-۱ الزامات اندازه‌گیری دما

گستره تغییرات، دقت، زمان پاسخگویی، وضوح و اریبی[1] مطلوب برای اهداف اندازه‌گیری را تعریف کنید. بیشترین درستی توصیه شده، یک خطای مطلق $\pm$ ۰/۵ $^{\circ}$C در طول بازه دمایی موردنظر می‌باشد. برای اندازه‌گیری گرادیان دمای عمودی یک درستی اضافی با خطای نسبی بین حس‌گرها به اندازه $\pm$ ۰/۱ $^{\circ}$C در طول بازه اختلاف دمایی مدنظر است. وضوح پیشنهادی حداکثر ۰/۱ $^{\circ}$C برای اکثر اندازه‌گیری‌های تک مرحله‌ای و ۰/۰۱ $^{\circ}$C برای اختلاف دمای عمودی و نوسانات دمایی اندازه‌گیری شده توصیه شده است. زمان پاسخگویی پیشنهادی بایستی به اندازه ۵ s و یا کمتر از آن برای اندازه‌گیری‌های معمول باشد. یک دماسنج با پاسخگویی سریع و یک سامانه اندازه‌گیری با بسامد ۵ Hz و یا با نرخ اطلاعات کمتر از ۵ Hz برای کاربردهای پراش و شار دمایی استفاده کنید.

اجزای الکتریکی یک سامانه اندازه‌گیری دما دارای عدم قطعیت، نوفه[2] و رانش[3] است. به عنوان مثال یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۳ بیتی که همراه یک دماسنج با گستره بالای ۱۰۰ $^{\circ}$C استفاده می‌شود، می‌تواند سبب خطایی به میزان ۰/۰۱۲ $^{\circ}$C گردد ولی عدم قطعیتی که نوفه الکتریکی و رانش ایجاد می‌کنند $\pm$ ۰/۰۵ $^{\circ}$C می‌باشد.

1- Bias
2- Noise
3- Drift

یادآوری ۱– این اساس کار، به طور خاص به ثابت زمانی حس‌گر در هوای داخل یک وسیله کاربردی و یا پوشش محافظ اشاره می‌کند. زمان پاسخگویی ۳۰s الی ۶۰s در جریان هوایی که دارای تهویه است، کارایی بیشتری داشته و با استانداردها و دستورالعمل‌های بیشتری انطباق دارد.

۶-۲ مشخصات حس‌گر

مشخصات حس‌گر بایستی در حین تعریف یک سامانه با المان‌های زیر در نظر گرفته شوند.

۶-۲-۱ ارتباط دما با مقاومت (تابع انتقال) بایستی وضوح اطلاعات کافی را با درنظر گرفتن نصب حس‌گر و تجهیزات تحلیل اطلاعات فراهم آورد. بایستی تا رسیدن به نقاط دمایی ثابت قابل ردیابی باشد و هیچگونه نقاط منفردی به علت خواص شیمیایی و فیزیکی موجود نباشند. این ارتباط نبایستی به طور چشمگیری با گذشت عمر حس‌گر تغییر یابد. تبادل‌پذیری بهینه سنسور زمانی بدست می‌آید که سنسورها دارای تابع انتقال کاملاً مشابهی باشند.

۶-۲-۲ حس‌گر باید به طور دائم قابلیت اندازه‌گیری تغییر دما را در محدوده مجاز داشته باشد و بتواند با وجود تغییرات در محدوده مجاز به هردمایی در این محدوده بازگردد و تاثیر پسماند را حداقل کند. حس‌گر باید توان الکتریکی موردنیاز برای فرایند اندازه‌گیری را بدون تولید هیچ اوریبی در مقادیر اندازه‌گیری شده، مصرف کند. مقاومت حس‌گر و خواص تابشی نباید با عوامل خارجی مثل رطوبت، زنگ‌زدگی و لرزش تغییر کند.

۶-۲-۳ ثابت زمانی حس‌گر (τ) بایستی به قدر کافی کوچک باشد تا نرخ نمونه‌برداری موردنیاز برای اندازه‌گیری مدنظر را فراهم نماید. ثابت زمانی‌های کمتر از یک دقیقه برای بیشتر کاربردهای هواشناسی کافی است. ثابت زمانی (τ) اغلب در هوای ساکن اندازه‌گیری و یا محاسبه می‌گردد. با فرض اینکه انتقال حرارت فقط به صورت رسانایی و تابشی انجام شود، نصب صحیح یک پوشش محافظ دارای تهویه به طور قابل توجهی ثابت زمانی را کاهش می‌دهد زیرا انتقال حرارت بیشتر به واسطه همرفتی صورت می‌گیرد.

۶-۳ حس‌گرهای رایج

دو حس‌گر مقاومتی رایج برای کاربردهای هواشناسی وجود دارد که عبارتند از سیم‌ها یا نوارهای نازک پلاتینیومی (یا ساخته شده از مواد دیگر) و ترمیستورها (مقاومت گرمایی). این دو نوع حس‌گر از جهت خطی بودن پاسخ دمایی و مقاومت اسمی در دمای جو تفاوت دارند. خطی بودن حس‌گر هنگامی که از چند حس‌گر برای اندازه‌گیری اختلاف دما استفاده می‌شود، مهم‌تر از حالت اندازه‌گیری تک سطحی است.

۶-۳-۱ المان‌های دماسنج‌های مقاومتی پلاتینیومی دارای تابع انتقال کاملاً خطی هستند (به استاندارد ASTM E 1137/ ASTM E 1137M مراجعه شود). مقاومت نامی در دمای صفر درجه سلسیوس عموماً ۱۰۰Ω با حدود تغییرات مقاومت ۰/۴ اهم بر درجه سلسیوس است. این حساسیت نیاز به تمهیدات ویژه‌ای دارد تا سیم‌های ارتباطی و کابل‌های سیگنال تاثیری روی مقدار اندازه‌گیری شده توسط حس‌گر مقاومتی نداشته باشند.

۶-۳-۲ ترمیستورها تابع انتقال غیرخطی دارند. حس‌گرهای رایج دو و یا سه ترمیستور دارند که در یک مدار به هم متصل می‌شوند تا بتوانند یک تابع توزیع خطی قابل قبول در محدوده کیلو اهم در دمای جو داشته باشند که به راحتی توسط ثبات‌های داده‌ای پیشرفته قابل اندازه‌گیری می‌باشند.

۷ پوشش‌های محافظ

۷-۱ برخی از بزرگترین منابع خطا در اندازه‌گیری دمای هوا تشعشعات زمینی و خورشیدی و همچنین رطوبت می‌باشد. همچنین در صورت نامطلوب بودن موقعیت و در معرض بودن حس‌گر، می‌تواند منجر به یک خطای $5\ ^{\circ}C$ یا بیشتر به نتیجه اندازه‌گیری گردد. یک دماسنج مقاومتی تنها دمای پروب خود را حس می‌کند که توسط مجموعه اثرات محیط اطراف پروب از جمله عوامل نامطلوب در محیط اطراف پروب تعیین می‌گردد. همچنین می‌توان به اثرات نامطلوب دیگری مانند تشعشعات مستقیم یا انعکاسی خورشیدی، تشعشعات حرارتی از اشیاء محیط، انتقال حرارت از سیم‌های رابط و سازه‌های نگهدارنده و همچنین تداخلات ناشی از رطوبت می‌توان اشاره کرد.

۷-۲ اثرات تشعشعات زمینی و خورشیدی

حس‌گرهای حرارتی الکتریکی مشخصه‌های دمایی متفاوتی نسبت به هوا دارند. به عنوان مثال، رسانایی حرارتی هوا سه الی چهار برابر از فلزاتی که در پروب‌های دمایی استفاده می‌شوند کوچکتر است، که این امر باعث ارتباط دمایی ضعیف بین پروب و دمای جو می‌شود. نتیجه این امر سبب می‌شود دمای خالص اندازه گیری شده در معرض تشعشعات خورشیدی و زمینی از اندازه واقعی بیشتر باشد و همچنین به عنوان مثال در بازه‌های خنک شبانه، میزان دمای خالص اندازه‌گیری شده از مقدار واقعی کمتر باشد.

۷-۳ طراحی پوشش محافظ

پوشش محافظ، دمای حس‌گر را از تشعشعات زمینی و خورشیدی، تشکیل شبنم[1] و همچنین بارش محفوظ می‌دارد، در حالی که به طور همزمان محافظت فیزیکی و تهویه موردنیاز برای انتقال دما بین سنسور و هوای محیط به صورت همرفتی فراهم می‌گردد. پوشش‌های محافظ می‌توانند تهویه طبیعی و یا تهویه مصنوعی داشته باشند و بایستی اجازه جابه‌جایی هوا را فارغ از آلودگی‌های ایجاد شده توسط منابع گرمایی خارجی از قبیل یک برج در نزدیکی حس‌گر یا اگزوز موتور دمنده تهویه، فراهم آورد.

یادآوری ۲- دمنده‌های مصنوعی باید راهکار لازم برای جلوگیری از تجمع رطوبت برروی پروب دمایی را مدنظر داشته باشد. زیرا این پدیده سبب می‌شود تا دمای اندازه‌گیری شده از مقدار واقعی کمتر باشد. این پدیده را به عنوان اثر دماسنج تر[2] می‌شناسند.

1- Condensation
2- Wet-bulb

۷-۳-۱ پوشش‌های محافظ با توجه به تهویه طبیعی، نیاز به هیچ توان الکتریکی نداشته و معمولاً در مکان‌های دور از انرژی الکتریکی که توان الکتریکی در دسترس نمی‌باشد استفاده می‌گردند. این پوشش‌های محافظ محافظت کمتری در مقابل تشعشع در سرعت‌های باد کمتر از چند متر بر ثانیه ارائه می‌کنند. پوشش‌های محافظ با تهویه طبیعی اغلب با المان‌های دماسنجی کوچک و با پاسخ سریع استفاده می‌گردند که نیاز به کمترین تهویه را دارند.

یادآوری ۳ - در سرعت‌های باد کمتر می‌تواند خطاهای دمایی به اندازه ۵ °C برسد.

۷-۳-۲ به منظور یکنواخت کردن انتقال همرفتی دما بین پروب دماسنج مقاومتی و هوا از تهویه مصنوعی استفاده می‌شود. برای رسیدن به این منظور یک جریان هوای تقریباً ثابت با سرعت بین ۳ تا ۱۰ متر بر ثانیه مورد نیاز می‌باشد. همچنین ملاحظاتی برای پرهیز از کشیدن هوای گرم خارج به داخل پوشش محافظ بایستی صورت گیرد. نرخ تهویه و نحوه پوشش‌گذاری محافظ بایستی برای همه دماسنج‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های پروفایل دمایی یکسان باشند.

۷-۳-۳ محفظه پوشش محافظ بایستی با یک رنگ منعکس کننده مثل نقره‌ای یا سفید پوشانیده شود. تجمع آلودگی‌های سطحی مانند خاک یا کثیفی و مدفوع حیوانات می‌تواند توانایی پوشش محافظ برای منعکس کردن تشعشعات خورشیدی و زمینی را کاهش دهد.

روش‌های اجرایی

۸ جانمایی سامانه برای اندازه‌گیری دما

۸-۱ شناسایی ایستگاه

محل قرار گیری سامانه اندازه‌گیری دما بایستی توسط یک برچسب کاملاً واضح مشخص گردد. این برچسب که شامل مکان ایستگاه و ارتفاع حس‌گر از سطح زمین است می‌بایست دقت و محدوده مطلوب برای برنامه اندازه‌گیری مورد هدف و هر اطلاعات خاص مرتبط با اندازه‌گیری را شامل شود.

۸-۲ ارتفاع اندازه‌گیری

ارتفاع رایج اندازه‌گیری برای مقاصد هواشناسی ۱/۵ m الی ۲ m بالاتر از سطح زمین است. ملاحظاتی در انتخاب ارتفاع حس‌گر در ایستگاه‌هایی که پوشش گیاهی و یا تجربه برف (با ارتفاع بیش از نیم متر) و یا هر دو را دارند بایستی منظور گردد. ارتفاع ویژه از سطح زمین برای اندازه‌گیری اختلاف دما بستگی به کاربرد مد نظر دارد. برای مثال مطالعات آلودگی هوا برای آژانس حفاظت از محیط زیست، شامل اندازه‌گیری‌های اختلاف دما برای بررسی پایداری جو، بوسیله دکل‌های ۲ m و ۱۰ m و یا ارتفاعات دیگر تعیین شده توسط اندازه‌گیری‌های باد صورت می‌پذیرد.

۸-۳ مکان‌یابی

مکانی را که بیانگر شرایط طبیعی منطقه باشد را انتخاب نمایید. مثلاً یک دشت پوشیده از چمن و یا کویر. سطح مورد بررسی باید شامل یک دایره با قطر m ۹ از محل اندازه‌گیری باشد. در انتخاب محل مورد نظر باید از پشت بام‌ها که معمولاً گرم هستند و یا محل‌های حس‌گر نزدیک به منابع دما یا جاذب‌های دما و یا آنهایی که در جهت یا معرض گازهای گرمایی هستند اجتناب گردد. موارد بیشتر در جهت راه‌اندازی و احداث مکان تهیه شده توسط سازمانی که پایش دما را نیاز دارد، مورد توجه قرار گیرد.

۹ نصب سامانه

۹-۱ نصب حس‌گر

برای کاربرد مورد نظر، ترکیبی از دماسنج‌های مقاومتی، پوشش محافظ و مدارهای پردازش الکترونیک را انتخاب کنید. در حین نصب پوشش محافظ، حس‌گر و پوشش محافظ را به نحوی مجزا کنید که از ساختار پشتیبان خود تاثیر دمایی نپذیرند. حس‌گر نصب شده بر روی پایه بایستی حداقل به اندازه ۱/۵ برابر قطر پایه از پایه نگهدارنده آن فاصله داشته باشد. در پوشش‌های محافظ دارای تهویه به منظور حداقل کردن اثرات تشعشعات خورشیدی، ورودی تهویه را دور از نور خورشید (در محفظه‌های افقی به سمت نیمکره شمالی یا جنوبی) قرار دهید.

۹-۲ کابل سیگنال

مطمئن شوید که اندازه کابل سیگنال و فاصله بین حس‌گر و تجهیزات ثبت داده برای تجهیزات مورد استفاده مناسب است. سامانه‌های نوعی به یک سیم مفتولی ۱۸ (مطابق با استاندارد AWG) با طول کمتر از m ۱۵۰ که به طور الکترونیکی پوشش محافظ شده نیاز دارند. سیگنال حس‌گر دما به دلیل تغییرات در سامانه زمین الکتریکی، سلف‌های نشتی ناشی از کابل‌های مجاور، خطاهای موجود در کانکتورها و کابل‌ها همواره در معرض تداخل قرار دارد. طرح سامانه زمین الکتریکی قطعات با تغییرات رطوبت موجود در خاک تغییر می‌کند. در صورت وجود اختلاف پتانسیل بین پروب و قطعات الکتریکی، جریان نشتی می‌تواند از طریق حلقه زمین جاری گردد. با جدا سازی کابل های انتقال اطلاعات دارای پوشش محافظ از کابل‌های تغذیه، می‌توان مقدار اغتشاشات را حداقل کرد. در غیر این صورت در صورتی که به اجبار کابل انتقال اطلاعات و تغذیه از کنار هم عبور کنند، می‌بایست این دو با زاویه مناسب یکدیگر را قطع کنند. از کابل‌های به هم پیوسته موازی با طول بلند استفاده نشود. تمام پوشش محافظ کابل‌ها باید در یک نقطه (معمولاً در محل ثبات داده) زمین شوند تا از حلقه زمین اجتناب گردد.

مباحثی در رابطه با چندین ساختار متفاوت از دماسنج‌های پلاتینیومی در پیوست روش‌های آزمون (به استاندارد ASTM E 644 مراجعه شود) ارائه شده است.

۹-۳ نمونه‌برداری و خروجی داده‌ها

خروجی حس‌گر بایستی با سرعتی متناسب با سایر اندازه‌گیری‌های هواشناسی به عنوان مثال حداقل یک مورد در هر ۳ s تا ۵ s نمونه‌برداری گردد. اندازه‌گیری‌های مثل سرعت باد به نمونه‌برداری سریعتر از دما نیازمند هستند. نمونه‌های دما سپس به طور مجدد در بازه متناسب با سایر اندازه‌گیری‌های هواشناسی به عنوان مثال ۱۰ min یا ۱ h میانگین‌گیری می‌گردد.

۹-۴ روش‌های ویژه برای پراش و شار دما

۹-۴-۱ به منظور تعیین گرادیان دما در نزدیکی سطح زمین از چهار دماسنج تطبیق یافته با تبادل‌پذیری در محدوده°C ۰/۰۵ ± استفاده می‌شود. نحوه پوشش و تهویه با توجه به دقت مورد نیاز برای هر المان و دماسنج نیاز است.

۹-۴-۲ از یک دماسنج با پاسخ‌دهی سریع و یک سامانه اندازه‌گیری دما که قادر به نمونه‌برداری با نرخ تغییرات حداقل ۵ Hz می‌باشد، برای کاربردهای پراش و شار دمایی استفاده نمایید. به منظور میانگین‌گیری فواصل زمانی ۱۵ min استفاده نمایید.

۱۰ کالیبراسیون

۱۰-۱ آزمون‌های مقایسه‌ای دما می‌بایست پس از نصب به طور متناوب (حداقل هر شش ماه) انجام شوند تا تایید شود که سامانه اندازه‌گیری دما مشخصه کاربردی را برآورده می‌کند. از دستورالعمل‌های آزمون و کالیبراسیون سازنده حس‌گر و یا سازنده دستگاه که با اهداف اندازه‌گیری همخوانی دارند می‌توان استفاده کرد.

۱۰-۲ آزمون‌های کالیبراسیون مقایسه‌ای

رابطه خروجی بر حسب دمای مشخص شده توسط استاندارد را با دمای مربوط به سامانه و حس‌گر در محیط‌های مصنوعی مانند حمام آب یا یخ (با خشک نگه داشتن حس‌گر) مقایسه کنید. روش‌های پیشنهادی برای این تکنیک در روش‌های آزمون استاندارد ASTM E 644 موجود می‌باشد. آزمون‌های مقایسه‌ای می‌توانند در هوای محیط صورت گیرند در حالی که سامانه و حس‌گرهای استاندارد به طور مطلوبی حفاظت شده‌اند.

۱۰-۳ جایگزین مقاومت

به منظور آزمون مدار اندازه‌گیری بدون نیاز به حس‌گر، به جای حس‌گر یک مقاومت معلوم قرار می‌دهیم. مقادیر مقاومت را با توجه محدوده دما در محدوده مورد انتظار برای حس‌گر دما قرار دهید.

۱۰-۴ گستره آزمون

حداقل دو اندازه‌گیری انجام دهید. بازه آزمون را در حداکثر محدوده عملی برای کاربرد مورد نظر در آزمایش داده شده قرار دهید. نتایج را برای دقایق متعددی در هر مرحله از آزمون مشاهده کنید و نوفه و رانش را پیش از انجام مرحله بعد بررسی کنید.

۱۱ دقت و اوریبی

۱۱-۱ اوریب و دقت اندازه‌گیری دما مجموعه‌ای از اثرات تمامی اجزاء سامانه است. اوریب‌های به علت تاثیرات مکان را در صورت مشخص بودن ثبت کنید.

۱۲ کلمات کلیدی

۱۲-۱ دمای هوا، دماسنج مقاومت پلاتینیومی، دماسنج مقاومتی، پوشش‌های محافظ تابشی خورشیدی و زمینی، ترمیستور