

Tomasz BAKOŃ

Institut Energetyki. Jednostka Badawczo-Rozwojowa, Warszawa

CZynniki Wpływające na częstotliwość wzorcowań przyrządów do pomiaru temperatury, wilgotności i ciśnienia

Dr inż. Tomasz BAKOŃ

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Uzyskał doktorat Wydziału Elektrotechniki i Technik Informatycznych Uniwersytetu Ruhry w Bochum (Niemcy).

2000-2003 – inżynier, a od 2009 r. adiunkt w Instytucie Energetyki w Warszawie. W latach 2003–2008 pracownik naukowy Uniwersytetu Ruhry w Bochum.

Zainteresowania: miernictwo i systemy pomiarowe, energoelektronika, jakość energii, odnawialne źródła energii, zarządzanie jakością.

e-mail: tomasz.bakon@ien.com.pl



Streszczenie

Systemy jakości pozostawiają dobór okresów pomiędzy kolejnymi wzorcowaniami przyrządów pomiarowych ich użytkownikowi. W artykule tym autor, kierując się doświadczeniem w pracy laboratoryjnej, w tym również w laboratorium akredytowanym, przedstawia, na co należy zwrócić uwagę i jak dobrać częstotliwość wzorcowania w przypadku przyrządów do pomiaru temperatury, wilgotności i ciśnienia.

Słowa kluczowe: przyrządy pomiarowe, wzorcowanie, temperatura, wilgotność, ciśnienie

FACTORS AFFECTING THE CALIBRATION INTERVAL OF INSTRUMENTS FOR THE MEASUREMENT OF TEMPERATURE, HUMIDITY AND PRESSURE

Abstract

Quality systems leave the choice of the intervals between successive calibrations of measuring instruments to the user. In this article the author is guided by the experience of laboratory work (in an accredited laboratory too), presents what should be paid attention to choose the calibration frequency of instruments for measuring temperature, humidity and pressure.

Key words: measuring instruments, calibration, temperature, humidity, pressure

Wstęp

Ochrona środowiska i przemysł wymaga prowadzenia wiarygodnych pomiarów, gdyż od nich zależy nie tylko jakość finalnego produktu, ale często również na ich podstawie podejmowane muszą być decyzje, od których może zależeć życie ludzi i zwierząt.

W celu zapewnienia jakości i poprawności prowadzonych pomiarów konieczne jest zagwarantowanie, że wskazania użytego przyrządu pomiarowego odpowiadają z zadowalającą użytkownika niepewnością wartości poprawnej (umownie prawdziwej). Aby sprawdzić poprawność wskazań przyrządu pomiarowego, należy poddać go procesowi wzorcowania. Ustawa Prawo o miarach [16] określa terminem *wzorcowanie* czynności ustalające relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy a odpowiednimi wartościami wielkości fizycznych, realizowanymi przez wzorzec jednostki miary. Wartości wzorców odniesienia znajdujące się w laboratoriach posiadających akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (PCA), w tym w Okręgowych Urzędach Miar, odnoszone są na ogół do polskich wzorców państwowych, które w przypadku temperatury, wilgotności i ciśnienia znajdują się w Głównym Urzędzie Miar (GUM) w Warszawie, a dla niskich temperatur również w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu. Uczestnictwo w porówna-

niach międzynarodowych, zapewnia porównanie polskich wzorców państwowych z wzorcami międzynarodowymi. Dzięki tak prowadzonej kontroli i polityce jakości zgodnej z normą PN-EN ISO/IEC 17025 [15] użytkownik oddający swój przyrząd do dowolnego laboratorium posiadającego akredytację jednego z sygnatariuszy European co-operation for Accreditation (EA) – w Polsce jest to PCA – ma pewność, że oddany przez niego do wzorcowania przyrząd posiada właściwości metrologiczne przedstawione w świadectwie wzorcowania i że powinny one być tak samo zidentyfikowane niezależnie od laboratorium wzorcującego [3, 10]. W końcu października 2009 r. 93 laboratoria wzorcujące posiadały akredytację PCA, w tym 28 w dziedzinie temperatury, 6 w dziedzinie wilgotności i 22 w dziedzinie ciśnienia i próżni [21].

1. Procedury wzorcowania

W celu ujednoczenia procedur pomiarowych stosowanych w laboratoriach akredytowanych zostały wydane przez organizację European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) [19] skupiającą europejskie służby metrologiczne instrukcje na temat wzorcowania określonych typów przyrządów pomiarowych. Baza instrukcji wzorcowania jest ciągle rozszerzana, a same instrukcje często stanowią uaktualnioną lub zmodyfikowaną anglojęzyczną wersję instrukcji niemieckich wydanych przez Deutscher Kalibrierdienst (DKD) [18], niemiecki odpowiednik polskiego PCA. Siedziby obydwu ww. organizacji znajdują się w Braunschweig w Niemczech. Również amerykański National Institute of Standards and Technology (NIST) [20] posiada na swoich stronach internetowych wiele nieodpłatnych publikacji, a nawet wielosekcyjnych opracowań na temat sposobów przeprowadzania wzorcowania różnego typu przyrządów pomiarowych. Instrukcje EURAMET-u nie zostały jeszcze oficjalnie przetłumaczone na język polski, znajdują jednak coraz szersze zastosowanie i są pomocne zwłaszcza dla małych laboratoriów starających się dopiero o akredytację, a niemających jeszcze własnego wieloletniego doświadczenia pomiarowego, jak np. Laboratorium Aparatury Pomiarowej Instytutu Energetyki [2]. Instrukcje te zawierają także wskazówki dotyczące zjawisk wpływających nie tylko na proces wzorcowania i niepewność pomiaru, ale również na same przyrządy pomiarowe i stanowią źródło informacji o potencjalnych czynnikach, które mogą mieć zasadniczy wpływ na dobór okresów pomiędzy poszczególnymi wzorcowaniami.

2. Potwierdzenie właściwości metrologicznych

Personel odpowiedzialny w danej instytucji za prawidłową pracę przyrządów pomiarowych, szczególnie w dobie kryzysu gospodarczego i ciągłego poszukiwania w firmie źródła oszczędności, powinien dokonać analizy okresów między kolejnymi wzorcowaniami posiadanych przyrządów pomiarowych. Z jednej strony kontrola powinna odbywać się względnie często, aby mieć możliwie dużą pewność, że wskazania przyrządów są poprawne, z drugiej zaś strony należy brać pod uwagę koszty wzorcowań, które w akredytowanych laboratoriach mogą przy jednorazowym sprawdzeniu większej ilości przyrządów wynosić nawet dziesiątki tysięcy złotych, co nie jest kwotą małą, zwłaszcza dla niewielkich firm.

System jakości narzuca, aby wskazania sprzętu pomiarowego były okresowo kontrolowane, przy czym pozostawia użytkownikowi dobór okresów między poszczególnymi wzorcowaniami oraz sprawdzeniami sprzętu i to od niego zależy, czy uzna on dany przyrząd za wymagający częstszej czy rzadszej kontroli. Trzeba tutaj wyraźnie zaznaczyć, że dla niektórych rodzajów przyrządów po-

miarowych lub ich specyficznych zastosowań istnieje określony prawem czas ponownego wzorcowania lub obowiązek legalizacji [17], może on też być zawarty w szczegółowych rozporządzeniach branżowych. W takich przypadkach należy go bezwzględnie przestrzegać.

Wzorcowanie powinno zostać dokonane przez laboratorium posiadające potwierdzone kompetencje metrologiczne, co nie oznacza automatycznie, że wzorcowanie każdego przyrządu musi się odbywać w GUM lub w laboratorium akredytowanym. Użytkownik może przekazać do wzorcowania jeden dokładniejszy przyrząd (swój wzorzec odniesienia), a kolejne przyrządy wzorcować we własnym zakresie, odnosząc wskazania do własnego wzorca odniesienia. Personel wykonujący wzorcowanie powinien posiadać kompetencje do jego przeprowadzenia, powinna również istnieć procedura wzorcowania.

Wskazane jest także, aby pomiędzy poszczególnymi wzorcowaniami dokonywać sprawdzeń okresowych. Stanowią one obok wzorcowań dodatkową kontrolę przyrządów, które podlegają kontroli parametrów metrologicznych. Jeżeli przy wzorcowaniu przyrządu zaleca się, aby był sprawdzony w miarę możliwości w całym wykorzystywanym przez użytkownika zakresie, to przy sprawdzaniach okresowych, które wykonuje się pomiędzy wzorcowaniami, można ograniczyć się np. do jednego punktu pomiarowego, który w sposób uproszczony szybko zweryfikuje poprawność wskazań przyrządów. Jeżeli użytkownik nie posiada własnego wzorca odniesienia, może dokonać sprawdzenia okresowego pomiędzy wzorcowaniami poprzez porównanie wskazań co najmniej dwóch przyrządów w tym samym punkcie. Jeżeli są to takie same modele przyrządów, to w ten sposób raczej trudno będzie zauważyć ich dryft, gdyż może on być identyczny, ale błąd grubo spowodowany np. uszkodzeniem jednego z nich da się zaobserwować jako zmiana różnicy wskazań pomiędzy nimi. Przy porównywaniu wskazań mierników należy zwrócić uwagę na ich stałe czasowe i czas odpowiedzi, szczególnie przy pomiarach temperatury i wilgotności, gdyż mogą się one różnić o więcej niż rząd wielkości. Odczytów trzeba dokonywać w stanie ustalonym.

3. Konstrukcja przyrządów pomiarowych

Jako przyrząd pomiarowy do pomiaru temperatury, wilgotności lub ciśnienia należy tutaj rozumieć jedną z poniższych opcji:

- ✓ zestaw składający się z czujnika z panelem odczytowym – wielkością wyjściową jest liczba określająca wartość danej wielkości fizycznej, panelem tym może być również ekran komputera;
- ✓ zestaw składający się z czujnika i przetwornika – wielkość wyjściową stanowi jakiś sygnał elektryczny (lub inny), np. prąd $4 \div 20$ mA, napięcie $0 \div 10$ V lub rezystancja;
- ✓ sam czujnik – wielkość wyjściowa zależna od typu i charakterystyki czujnika;
- ✓ samodzielny miernik zintegrowany z czujnikiem, np. termometr barwny lub bimetaliczny albo higrometr włosowy.

Przyrząd pomiarowy może dokonywać pomiaru dwóch lub trzech ww. wielkości jednocześnie. W takim przypadku można wyznaczyć niezależnie okresy wzorcowania dla każdej mierzonej wielkości.

W przypadku zestawu wskazane jest łączne wzorcowanie czujnika z panelem odczytowym, jeżeli są one przeznaczone do stałej współpracy. Odstępy między wzorcowaniami w przypadku zestawów powinno się dobierać, biorąc pod uwagę parametry najsłabszego ogniwa w łańcuchu pomiarowym.

Niejednokrotnie wymontowanie przyrządu lub czujnika jest bardzo trudne, czasochłonne i co za tym idzie, kosztowne albo wręcz niemożliwe do wykonania. W takiej sytuacji możliwe jest również wzorcowanie lub walidacja w miejscu pracy czujnika. To często spotykana praktyka na liniach przemysłowych i w przypadku przyrządów o większych gabarytach, np. suszarek, pieców lub komór klimatycznych i ciśnieniowych. Sprawdzenia takiego można dokonać samemu, posiadając odpowiednio wywzorcowany przyrząd pomiarowy i określoną procedurę, można je również zlecić akredytowanemu laboratorium wzorcującemu posiadającemu akredytację na wykonywanie pomiarów poza własną siedzibą. Wzorcowania i walidację należy także przeprowadzać cyklicznie. Możliwość

wzorcowania na obiektach jest szczególnie wygodna w przypadku posiadania większej ilości urządzeń pomiarowych.

4. Ogólne wskazówki doboru częstości wzorcowań

Głównymi czynnikami wpływającymi na częstość wykonywania wzorcowań przyrządów pomiarowych powinny być:

- ✓ zastosowanie przyrządu pomiarowego – im ewentualny błąd pomiaru mierzonej przez niego wielkości może powodować większe straty tym częściej należy przyrząd kontrolować;
- ✓ niepewność, z jaką dokonywany jest pomiar – im niepewność pomiaru mniejsza, tym częstsze powinno być wzorcowanie lub sprawdzanie, gdyż zewnętrzne czynniki mają względnie większy wpływ na niepewność dokonywanego pomiaru;
- ✓ jakość samego przyrządu w odniesieniu do wielkości, które mierzy – im przyrząd dokładniejszy, a wymagania stawiane pomiarowi mniejsze, tym rzadziej można wzorcować;
- ✓ historia przyrządu – jeżeli istnieje możliwość określenia dryftu i zmian wskazań oraz są one przewidywalne, a najlepiej stałe i niewielkie, to wzorcowanie może być prowadzone rzadziej, zaleca się nowe przyrządy wzorcować częściej, aby upewnić się, czy zostały przez producenta odpowiednio poddane procesowi starzenia;
- ✓ możliwość prowadzenia okresowych sprawdzeń wewnętrznych – jeżeli są prowadzone częste sprawdzenia okresowe przez użytkownika i jest on w stanie kontrolować w sposób weryfikowalny poprawność wskazań swojego wyposażenia, to oddawanie sprzętu do zewnętrznych laboratoriów akredytowanych może być stosowane rzadziej;
- ✓ posiadane możliwości finansowe – należy również brać pod uwagę koszty wzorcowania, aby móc zapewnić ciągłość wzorcowań sprzętu, nie można jednak ograniczyć ilości wzorcowanych przyrządów poniżej granicy bezpieczeństwa produkcji.

W przypadku przyrządów do pomiaru temperatury, wilgotności i ciśnienia odstępów pomiędzy wzorcowaniami powinny wahać się od kilku miesięcy do kilku lat. W szczególnych przypadkach należy dokonywać sprawdzeń wewnętrznych codziennie lub przed każdym pomiarem. Również ewentualne nieprawidłowości w przebiegu procesu produkcyjnego powinny być przesłankami do wzorcowania odpowiedzialnych za pomiary w tym procesie przyrządów.

W następnych rozdziałach przedstawiono propozycje doboru częstości wzorcowań wybranych grup przyrządów. Zaproponowane czasy mają charakter orientacyjny dla typowych zastosowań. W przypadku wątpliwości, jak należy dobierać okres między kolejnymi wzorcowaniami, lepiej jest wybrać okres krótszy i go w miarę potwierdzania pozytywnymi wynikami wzorcowania wydłużać, niż wybrać okres zbyt długi, w którym użytkownik może nie do końca wiedzieć, co pokazuje przyrząd, np. w przypadku, gdy podany jest przez producenta tylko błąd roczny, a drugie wzorcowanie (zakładamy, że pierwsze odbyło się po zakupie) nowego przyrządu określmy za 24 miesiące, wtedy z samych danych katalogowych nie jesteśmy w stanie określić, jak mogą się zmieniać parametry metrologiczne przyrządu w drugim roku użytkowania, błąd dwuletni nie zawsze musi być mniejszy od dwukrotności błędu rocznego.

Z przyczyn organizacyjnych wygodniej jest też termin następnego wzorcowania określić z pewnym zapasem, np. przy sprawdzaniu co rok ustalić termin za 13 miesięcy, a przy sprawdzaniu co pięć lat termin za 61 miesięcy.

5. Przyrządy do pomiaru temperatury

Jako standardowy odstęp między kolejnymi wzorcowaniami przyrządów do pomiaru temperatury należy wybrać okres 12 miesięcy. W przypadku procesów o dużej czułości na zmiany temperatury zaleca się skrócenie go do 6 lub nawet 3 miesięcy i prowadzenie częstszych sprawdzeń okresowych.

Platynowe czujniki termometrów rezystancyjnych [4], w tym najczęściej stosowane typu Pt-100, należą do najdokładniejszych przyrządów do pomiaru temperatury. Charakteryzują się dobrą liniowością i stałością parametrów w czasie, szczególnie po dłuższym okresie użytkowania (odpowiednio wystarzone). Bardzo dobrze spełniają rolę wzorców. Jeżeli nie kontrolują krytycznego miejsca w procesie o dużej czułości temperaturowej, kolejne wzorcowanie po

zakupie wystarczy wykonać za 12 miesięcy, a następnie, jeżeli parametry metrologiczne są stabilne, za 24 miesiące. Prowadzenie sprawdzeń okresowych monitorujących charakterystykę czujnika, np. poprzez pomiar w co najmniej dwóch punktach może pozwolić na wydłużenie tego okresu. Zaleca się jednak, aby chociaż jeden wzorzec w firmie był wzorcowany w laboratorium akredytowanym nie rzadziej niż co 24 miesiące. *Czujniki termorezystancyjne z metali nieszlachetnych* powinno się wzorcować co rok.

Termoelementy i czujniki termoelektryczne [1, 5, 11] w zależności od użytych metali na termopary mierzą temperatury w bardzo szerokim zakresie temperatur. Jeżeli pracują przy stałym zanurzeniu, zaleca się wzorcowanie ich w odstępach rocznych, przy termoelementach z metali szlachetnych czas ten może być wydłużony do 24 miesięcy, jeżeli nie jest widoczne zużycie lub uszkodzenie spoiny pomiarowej. Termoelementy są często wbudowane w obiekt, wtedy lepszym rozwiązaniem od wzorcowania termoelementu jest wzorcowanie, ewentualnie walidacja, danego obiektu. Termoelementy powinny być wzorcowane przy głębokości zanurzenia, w jakiej pracują. W przypadku tych, które są umieszczane ze zmiennym zanurzeniem w obiektach, należy uwzględnić to w niepewności pomiaru. Poddanie termopar działaniu gradientu temperatury powoduje zmianę ich parametrów metrologicznych, w tym pogorszenie liniowości charakterystyki. Wyżarzanie powinno poprawić jednorodność termopar, ale powoduje zmianę charakterystyki i pociąga za sobą konieczność kolejnego wzorcowania; jednak szczególnie przy termoelementach z metali nieszlachetnych przy pracy o różnych zanurzeniach konieczna jest częstsza wymiana termoelementu na nowy, gdyż błędy spowodowane pracą przy różnym zanurzeniu mogą przekraczać kilka, a nawet kilkanaście kelwinów, a ich korekcja przez wyżarzanie daje tylko ograniczoną poprawę. Zaleca się w takim przypadku sprawdzenie wewnętrzne termoelementu przed każdym pomiarem, najlepiej w punkcie pracy lub w dwóch punktach poniżej i powyżej punktu pracy.

Czujniki termistorowe i półprzewodnikowe są na ogół przeznaczone do współpracy z elektronicznymi miernikami temperatury. Charakteryzują się często dużą nieliniowością, która jest korygowana przez układ elektroniczny lub numerycznie, i niezbyt dobrą stabilnością w czasie, wskazana częstość wzorcowania to 12 miesięcy.

Termometry elektryczne i elektroniczne składają się z czujnika i panelu odczytowego. Należy oszacować, co stanowi najsłabsze ogniwo; na ogół są to czujniki półprzewodnikowe lub termoelektryczne z metali nieszlachetnych, rzadziej układ elektroniczny, gdyż do dobrych czujników dobiera się też odpowiednie układy elektroniczne. Termometry te zaleca się wzorcować początkowo co 12 miesięcy, potem można ten okres wydłużyć.

Przetworniki temperatury można traktować jak wskaźniki, w których zamiast wielkości liczbowej wyjściem jest wielkość elektryczna, jeżeli są wzorcowane łącznie z czujnikiem, stanowią odpowiednik termometru elektronicznego.

Termostaty cieczowe, kalibratory blokowe [6, 13], *komory termostatyczne, piece, suszarki* [8], czyli urządzenia do utrzymywania stałej temperatury w określonej objętości, zaleca się wzorcować w zależności od przeznaczenia co 12 do 24 miesięcy. Świadectwo wzorcowania powinno posiadać rozkład temperatur wykonany w kilku punktach przestrzeni. Liczba punktów jest zależna od wielkości danego obiektu. Sprawdzeń okresowych można dokonać w jednym, najczęściej centralnie położonym lub określonym jako miejsce pracy punkcie urządzenia.

Termometry szklane cieczowe mimo prostoty swojej konstrukcji, jeżeli są wykonane poprawnie, mogą należeć do bardzo dokładnych przyrządów do pomiaru temperatury, a ich dokładność i stabilność może być porównywana z platynowymi czujnikami termorezystancyjnymi. Termometry rtęciowe i rtęciowo-galowe są stabilniejsze od termometrów z cieczami organicznymi. Ich liniowość zależy w dużym stopniu od mechanicznego wykonania kapilary i rzadko zmienia się dla danego punktu pomiarowego w czasie w sposób losowy, ale może nie być funkcją monotoniczną. Jeżeli termometr jest dobrze wystarzony, można go wzorcować co 24 miesiące lub rzadziej, początkowo jednak zaleca się wzorcowanie nie rzadziej niż co 24 miesiące, a drugie wzorcowanie najlepiej wykonać po 12 miesiącach. Sprawdzeń okresowych dokonywać najlepiej w punkcie 0°C (o ile termometr posiada oznakowany taki punkt)

lub w temperaturze pracy. Wzorcowanie zaleca się również wykonać, jeżeli zaistniała konieczność łączenia słupka cieczy.

Termometry manometryczne i bimetaliczne stosuje się obecnie głównie jako wskaźniki, w zależności od temperatury, warunków pracy oraz dokładności można je wzorcować co 12 do 36 miesięcy.

Pirometry należy koniecznie wzorcować dla wartości współczynników ciała doskonale czarnego obiektów mierzonych danym przyrządem. Wskazane jest wyznaczenie temperatury mierzonego obiektu inną metodą w celu walidacji pomiaru pirometrem. Pirometry powinno się wzorcować co 12 do 24 miesięcy.

Regulatory, rejestratory i symulatory temperatury (bez czujnika) [7, 12] wzorcuje się tak jak przyrządy do pomiaru wielkości elektrycznych, podłączając w miejsce czujnika odpowiednio zadaną wielkość elektryczną, w zależności od przeznaczenia i jakości sprzętu zaleca się okres wzorcowania co 12 do 24 miesięcy.

W celu przeprowadzenia okresowych sprawdzeń wewnętrznych przyrządów do pomiaru temperatury, gdy nie dysponuje się innymi przyrządami pomiarowymi, stosunkowo łatwo jest otrzymać temperatury 0°C (mieszanka lodu z wodą) i ok. 100°C (temperatura wrzenia wody, jednak w tym przypadku należy uwzględnić aktualne ciśnienie atmosferyczne).

6. Przyrządy do pomiaru wilgotności

Mierniki temperatury punktu rosy mierzą bezpośrednio temperaturę punktu rosy i należą do najdokładniejszych mierników do pomiaru wilgotności. Chcąc uzyskać wartość wilgotności względnej, należy mierzyć dodatkowo temperaturę w danej przestrzeni. Przy pomiarach przemysłowych istotny wpływ na błąd pomiaru temperatury punktu rosy może mieć zapylenie, powodując zabrudzenie lustra pomiarowego, co generuje błędny odczyt chwili wykrapalania się rosy na lustrze przyrządu i w następstwie błędne określenie temperatury punktu rosy. Wzorcowanie tego typu mierników zaleca się przeprowadzać co 12 do 24 miesięcy, łącznie z ewentualnym dodatkowym czujnikiem temperatury. Samodzielne sprawdzenie okresowe jest trudne do wykonania, gdyż dokładność mierników temperatury punktu rosy przewyższa dokładność regulatorów komór klimatycznych. Sprawdzenia można dokonać przez porównanie wskazań z innym miernikiem.

Mierniki wilgotności względnej posiadają na ogół czujniki pojemnościowe ceramiczne lub polimerowe, których pojemność jest zależna od wilgotności względnej powietrza, w większości przypadków w sposób nieliniowy, linearyzacja następuje w układzie miernika albo przetwornika. Następstwem takiej konstrukcji czujnika jest duża histereza pomiaru. Wilgotny czujnik ma dużą stałą czasową dla odparowywania wilgoci, a długotrwała praca w wysokiej wilgotności może nawet uszkodzić niektóre typy czujników. Dobra praktyka laboratoryjna nakazuje wykonanie pomiaru w danej temperaturze dla ciągu wilgotności, tak aby pomiar przynajmniej jednej z nich był wykonany przy zraszaniu i osuszaniu komory, w której dokonuje się wzorcowania, może to być ciąg wartości, np.: 30%, 50%, 80% i 50%. Wzorcowanie zaleca się powtarzać co 12 miesięcy. Sprawdzenia okresowe przez porównanie wskazań mierników, także z regulatorem komory klimatycznej lub najlepiej z miernikiem temperatury punktu rosy. Popularne dawniej *higrometry włosowe* są obecnie rzadko stosowane ze względu na niewielką dokładność pomiaru, posiadają podobne właściwości jak opisane mierniki elektroniczne.

Termohigrometry i psychrometry to mierniki dokonujące jednoczesnego pomiaru wilgotności względnej i temperatury, są one powszechnie stosowane do monitoringu warunków klimatycznych w pomieszczeniach i magazynach. Jeżeli oddzielne przepisy nie stanowią inaczej, to zaleca się je wzorcować co 12 do 24 miesięcy w zależności od miejsca pracy i narażenia na wysoką wilgotność.

Komory klimatyczne podobnie jak komory termostatyczne należy wzorcować w kilku punktach przestrzeni, wykonując jednocześnie rozkład temperatury i wilgotności. Wykonanie samego rozkładu wilgotności jest niewystarczające, gdyż wilgotność względna jest funkcją nie tylko wilgotności bezwzględnej, ale także i temperatury. Wzorcowania trzeba dokonywać w zależności od przeznaczenia co 12 do 24 miesięcy.

Przetworniki wilgotności należy traktować jak mierniki wilgotności z wyjściem o wielkości elektrycznej. Trzeba z nimi odpowie-

dnio postępować, w zależności od tego, czy jest to przetwornik wilgotności względnej czy bezwzględnej.

Regulatory, rejestratory i symulatory wilgotności (bez czujnika) wzorcuje się tak jak przyrządy do pomiaru wielkości elektrycznych, podłączając w miejsce czujnika wilgotności lub czujników temperatury i wilgotności odpowiednio zadane wielkości elektryczne. Wzorcowanie powinno się odbywać co 12 do 24 miesięcy, w zależności od jakości i przeznaczenia sprzętu.

7. Przyrządy do pomiaru ciśnienia

Przyrządy do pomiaru ciśnienia [9, 14] można zaliczyć do przyrządów o względnie dużej stabilności parametrów metrologicznych. Należy zwrócić uwagę, w jakim medium pracuje ciśnieniomierz. Agresywne substancje mogą powodować szybsze zużywanie się elementów mechanicznych ciśnieniomierzy i konieczność ich częstszej kontroli.

Ciśnieniomierze sprężynowe wskazówkowe były dawniej dzielone w zależności od klasy na kontrolne i zwykle, obecnie przy rosnącej dokładności przyrządów elektronicznych podziału tego nie stosuje się. Ciśnieniomierze sprężynowe należy wzorcować co 12 do 36 miesięcy w zależności od warunków pracy i żądanej niepewności pomiaru. Przy obecnych cenach rynkowych należy wziąć pod uwagę, szczególnie w przypadku ciśnieniomierzy niższych klas, czy zakup nowego przyrządu wraz ze świadectwem akredytowanego laboratorium producenta nie jest niższy od przeprowadzenia ponownego wzorcowania. Ciśnieniomierze wskazówkowe stosowane są nadal chętnie jako wskaźniki z odczytem w miejscu pomiaru w połączeniu szeregowym z przetwornikiem ciśnienia, który umożliwia przesłanie danych do centralnego systemu pomiarowego – w takich przypadkach, jeżeli decydująca jest wartość uzyskana z pomiaru przetwornikiem, nie jest wymagane wzorcowanie wskaźnika.

Ciśnieniomierze elektroniczne należy wzorcować podobnie jak ciśnieniomierze z elementami sprężystymi, biorąc jednak pod uwagę odporność układu elektronicznego na warunki otoczenia pracy ciśnieniomierza. Zaleca się sprawdzanie co 12 do 24 miesięcy. Narażenie ciśnieniomierza na wysokie temperatury i agresywne medium pracy ma negatywny wpływ na poprawność działania układów elektronicznych.

Manometry obciążnikowo-tłokowe to bardzo precyzyjne urządzenia o dużej stabilności w czasie, więc jeżeli pracują na przeznaczonych do tego stanowiskach mogą być wzorcowane co 5 lat.

Barometry rtęciowe również są urządzeniami o stabilnych w czasie parametrach metrologicznych, jeżeli się je właściwie eksploatuje mogą być wzorcowane co 5 a nawet 7 lat. W przypadku barometrów elektronicznych należy postępować jak w przypadku ciśnieniomierzy elektronicznych.

Przetworniki ciśnienia podobnie jak przetworniki temperatury czy wilgotności należy traktować jak ciśnieniomierze elektroniczne z sygnałem wyjściowym w postaci wielkości elektrycznej.

Komory ciśnieniowe w przypadku pomiaru ciśnienia statycznego wystarczą wzorcować w jednym punkcie, ponieważ ciśnienie rozkłada się równomiernie w całej objętości. Jeżeli istnieje potrzeba jednoczesnego wzorcowania temperatury lub wilgotności w komorze, należy je wykonać w kilku punktach komory. Zaleca się powtarzać wzorcowanie co 12 do 24 miesięcy.

Podsumowanie

Przy opracowaniu harmonogramu wzorcowań oraz harmonogramu sprawdzeń okresowych sprzętu pomiarowego należy wziąć pod uwagę wiele czynników stanowiących o pracy danego przyrządu.

Drugie wzorcowanie nowego przyrządu warto wykonać po 12 miesiącach.

Należy rozważyć, jakie czynności pomiarowe można wykonać we własnym zakresie jako sprawdzenia wewnętrzne i czy jest to celowe, a jakie trzeba koniecznie zlecić laboratorium posiadającemu potwierdzone kompetencje metrologiczne.

W przypadku obiektów, dla których wykorzystuje się większą powierzchnię lub objętość do pracy, jak np. w termostatach cieczowych, suszarkach laboratoryjnych czy komorach klimatycznych, wskazane jest przeprowadzenie wzorcowania w więcej niż jednym punkcie przestrzeni użytkowej.

Przy każdej adiacji sprzętu pomiarowego (także wyżarzaniu czujnika) wskazane jest przeprowadzenie wzorcowania przed i po adiacji w celu poznania błędów przyrządu przed wywzorcowaniem.

Wykonując wzorcowania i sprawdzenia okresowe, należy zwrócić uwagę na stałe czasowe przyrządów i wykonywać pomiar w warunkach ustalonych.

Aby zapewnić spójność pomiarową przeprowadzonych wzorcowań, należy je zlecać w GUM lub akredytowanemu laboratorium wzorcującemu. Aktualny wykaz jednostek posiadających akredytację w Polsce znajduje się na stronie internetowej PCA [21]. Wydane przez posiadacza akredytacji jednego z sygnatariuszy EA świadectwa wzorcowania są ważne w każdym kraju, który podpisał porozumienie EA (UE, EFTA i kilka innych krajów).

Literatura

- [1] Burns G., Scroger M.: *The Calibration of Thermocouple and Thermocouple Materials*, NIST Spec. Publ. 250-35, 1989.
- [2] Witkowski R., Bakoń T., Szydlik A.: *Wzorcowanie aparatury do pomiaru wielkości elektrycznych, temperatury i ciśnienia w akredytowanym Laboratorium Aparatury Pomiarowej*, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Elektryka z. 98 nr 886/2001.
- [3] DA-06 Polityka Polskiego Centrum Akredytacji dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej, PCA 2007.
- [4] DKD-R 5-1 Kalibrierung von Widerstandsthermometern 2003.
- [5] DKD-R 5-3 Kalibrierung von Thermoelementen 2000.
- [6] DKD-R 5-4 Kalibrierung von Temperatur-Blockkalibratoren 2001.
- [7] DKD-R 5-5 Kalibrierung von Temperaturanzeigegegeräten und -simulatoren durch elektrische Simulation und Messung 2002.
- [8] DKD-R 5-7 Kalibrierung von Klimaschränken 2004.
- [9] DKD-R 6-1 Kalibrierung von Druckmessgeräten 2002.
- [10] EA-1/06 Wielostronne porozumienie EA (Multilateral Agreement rev. 06) 2009, tłumaczenie PCA 2009.
- [11] EURAMET/cg-08/v.01 Calibration of Thermocouples 2007.
- [12] EURAMET/cg-11/v.01 Guidelines on the Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement 2007.
- [13] EURAMET/cg-13/v.01 Calibration of Temperature Block Calibrators 2007.
- [14] EURAMET/cg-17/v.01 Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers 2007.
- [15] PN-EN ISO/IEC 17025:2005/Ap1:2007 – Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [16] *Prawo o miarach*, Ustawa z dnia 11 maja 2001 r., Dz. U. z 2004 r. nr 243, poz. 2441 z późniejszymi zmianami.
- [17] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych z dnia 7 stycznia 2008 r. (Dz. U. nr 5, poz. 29).
- [18] www.dkd.eu
- [19] www.euramet.org
- [20] www.nist.gov
- [21] www.pca.gov.pl

Artykuł recenzowany

IMPREZY NAUKOWO-TECHNICZNE

KONGRESY ✨ KONFERENCJE ✨ SYMPOZJA ✨ TARGI ✨ WYSTAWY



INTERECO-ECODOM

Międzynarodowe Targi Technologii Ekologicznych, Pomiaru i Oszczędności Ciepła oraz Źródeł Energii

16-18.04.2010 – Katowice

Kierownik Projektu: Katarzyna Wójcik
tel. +48 32 7899176
email: k.wojcik@mtk.katowice.pl

Międzynarodowe Targi Katowickie Sp. z o.o.
ul. Bytkowska 1B, 40-955 Katowice
tel.: +48 32 7899100, fax: +48 32 2540227

email: info@mtk.katowice.pl
www.mtk.katowice.pl