

Tadeusz SKUBIS

Janusz TOKARSKI

Paweł WIECHUŁA

ANALIZA I BADANIA WILGOTNOŚCIOMIERZA Z PUNKTEM ROSY

Streszczenie. Przeanalizowano wymagania, jakie powinien spełniać dobry wilgotnościomierz działający na zasadzie punktu rosy. Wybrano kryteria optymalizacyjne: minimum błędów, minimum czasu pomiaru, wrażliwość na wielkości wpływowe. Uzasadniono celowość zastosowania mikroprocesora w układzie czujnika. Opiszono koncepcję konstrukcji sondy oraz mikroprocesorowy system pomiarowy umożliwiający wykonanie badań i optymalizację parametrów czujnika. Symetryczny układ optyczny sondy składa się z fototranzystora i 4 diod LED. Jest zasilany impulsowo. Zwierciadło z duraluminium, przyklejone do ogniwa Peltiera ma kształt stożka, wewnątrz którego znajduje się termometr rezystancyjny miedziany, o rezystancji $130\ \Omega$ w temperaturze 25°C . Wykonano badania nagrzewania termorezystora prądem pomiarowym, dynamiki chłodzenia zwierciadła, zdolności wykrywania początku kondensacji przez układ optyczny oraz dokonano obserwacji zjawisk dynamicznych w sondzie w czasie dochodzenia do temperatury punktu rosy. Badania potwierdziły możliwość praktycznej realizacji czujnika i wskazały kierunki dalszych badań szczegółowych.

1. Wprowadzenie

Wilgotność jest wielkością fizyczną trudno mierzalną, a mnogość różnych zasad wykorzystywanych do jej pomiaru i poszukiwanie nowych świadczy o braku zadowalającego rozwiązania. Większość czujników wykorzystuje pośrednią metodę pomiaru, np. zmiany długości włosa, przenikalności elektrycznej lub rezystywności w zależności od wilgotności. Takie czujniki są zwykle nietrwałe, nieliniowe, wykazują histerezę i duży wpływ starzenia, wymagają indywidualnego wzorcowania [2]. Stosowane często metody termometryczne wykazują znaczną wrażliwość na zmienne parametry środowiska, wymagają pracochłonnej i uciążliwej konserwacji w formie czyszczenia, nawilżania lub solenia. Wymagają również ciągłego sprawdzania warunków pomiaru ze względu na możliwość występowania błędów pomiaru temperatury lub wadliwej wentylacji [6].

W kraju nie produkuje się dokładnych i niezawodnych wilgotnościomierzy chociaż są potrzebne, np. w układach sterowania energią w urządzeniach klimatyzacyjnych, w systemach pomiarowych parametrów mikroklimatu itd.

Po dokonaniu analizy stosowanych zasad pomiaru i rozwiązań konstrukcyjnych wilgotnościomierzy zdecydowano się wykorzystać znaną od dawna zależność temperatury punktu rosy od wilgotności [5]. Określono założenia

i zbadano doświadczalnie możliwość konstrukcji przyrządu, nadającego się do seryjnej produkcji i spełniającego wysokie wymagania metrologiczne. Wilgotnościomierz z punktem rosy wykorzystuje ochłodzone zwierciadło jako powierzchnię, na której zachodzi kondensacja pary wodnej. Temperatura powierzchni zwierciadła, przy której rozpoczyna się proces kondensacji, jest temperaturą punktu rosy i z definicji określa wilgotność otoczenia. Wilgotnościomierz tego rodzaju musi realizować następujące funkcje:

- ochładzanie powierzchni zwierciadła poniżej temperatury otoczenia,
- dokładne oznaczenie chwili, w której na powierzchni zwierciadła występuje punkt rosy,
- dokładny pomiar temperatury powierzchni kondensującej w chwili wystąpienia punktu rosy.

Ochładzania powierzchni zwierciadła dokonuje się za pomocą pompy ciepłej, którą stanowi stos złącz Peltiera. Wystąpienie punktu rosy stwierdza się za pomocą detektora optyczno-elektronicznego, a pomiar temperatury wykonuje się termometrem rezystancyjnym. Wszystkie czynności poszczególnych podzespołów muszą być odpowiednio zsynchronizowane. Ze względu na pożądaną ciągły pomiar wilgotności powierzchnia zwierciadła powinna być przez cały czas utrzymywana w temperaturze punktu rosy niezależnie od zmieniającej się wilgotności mierzonej. Dlatego też podzespoły wilgotnościomierza powinny charakteryzować się odpowiednio dobrymi właściwościami dynamicznymi.

2. Kryteria optymalizacyjne

Efektywność metody pomiaru wilgotności przeanalizowano, uwzględniając następujące właściwości:

- 1) dokładność pomiaru,
- 2) czas pomiaru,
- 3) wrażliwość na wielkość wpływu,
- 4) jednostki wyrażania wyniku,
- 5) łatwość obsługi i eksploatacji,
- 6) koszt i krajowe możliwości technologiczne wykonania.

Dla każdej z wymienionych właściwości określono warunki, jakie powinien spełniać projektowany wilgotnościomierz.

2.1. Kryterium minimalnego błędu

Metoda punktu rosy oparta jest na pomiarze wielkości pierwotnej, a więc nie ma błędów związanych ze wzorcowaniem i niestałością charakterystyk wzorcowania w czasie. Głównymi źródłami błędów są zjawiska Kelvina i Raoult'a, występujące na powierzchni odbijającej zwierciadła [1] oraz błąd pomiaru temperatury powierzchni.

Minimalizację wpływu obu zjawisk osiąga się, dążąc do spełnienia następujących warunków:

- materiał i kształt zwierciadła musi ograniczać możliwość gromadzenia się na nim zabrudzeń;
- powierzchnia zwierciadła musi być idealnie wypolerowana;
- czujnik powinien działać z grubą warstwą rosy;
- zabrudzenia eksploatacyjne powinny być wstępnie odfiltrowywane;
- należy wykorzystać różnicową metodę pomiaru.

Błąd pomiaru temperatury powierzchni jest sumą niepożądanych gradientów temperatury między powierzchnią rosy a termometrem oraz błędów samego termometru. Błąd ten minimalizuje się przez: maksymalne sprzężenie termiczne od powierzchni kondensującej do powierzchni schładzającej pompy cieplnej i termometru, minimalne sprzężenia termiczne od pozostałych podzespołów czujnika (aby uzyskać największą wydajność schładzania zwierciadła); zastosowanie termometru rezystancyjnego w układzie czteroprzewodowym prądu stałego o kontrolowanej wartości; pomiar temperatury każdorazowo przy zmianie kierunku prądu zasilającego w celu wyeliminowania wpływu STE oraz napięcia niezrównoważenia wzmacniacza pomiarowego.

2.2. Kryterium czasu pomiaru

Czas pomiaru składa się z fazy chłodzenia i fazy grzania zwierciadła. Długość fazy chłodzenia zależy od temperatury punktu rosy, początkowej temperatury zwierciadła, wydajności pompy cieplnej oraz od przyjętego algorytmu formowania kondensatu [4], uwzględniającego m.in. koalescencję materiału zabrudzającego i odpowiednią redystrybucję zabrudzeń. W fazie grzania następuje zmiana kierunku prądu zasilającego pompę cieplną, odparowanie kondensatu i doprowadzenie powierzchni do temperatury otoczenia. Czas pomiaru jest ściśle związany z dokładnością pomiaru wilgotności. Celem jest zastosowanie mikroprocesora i opracowanie różnych algorytmów pomiaru dla zrealizowania różnych dominujących kryteriów, np. maksymalnej dokładności, minimalnego czasu, dopuszczalnego czasu i wymaganej dokładności.

2.3. Kryterium wrażliwości na wielkości wpływowe

Głównymi wielkościami wpływowymi są temperatura i ciśnienie otoczenia oraz prędkość przepływu próbkowanego gazu. Temperatura otoczenia decyduje o zakresie pomiarowym wilgotności, ponieważ istnieje maksymalna różnica temperatur otoczenia i punktu rosy, przy której metoda pomiaru może być jeszcze zrealizowana. Przyrząd powinien zatem zapewnić ciągły pomiar temperatury otoczenia.

Ze szczegółowej analizy zjawisk parowania i skraplania pary wodnej zawartej w powietrzu wynika, że w zakresie ciśnień atmosferycznych wartość

ciśnienia nie ma wpływu na właściwości pary nasyconej. Wpływ ciśnienia atmosferycznego na temperaturę punktu rosy jest pomijalnie mały.

Prędkość przepływu próbkowanego gazu jest związana z jednej strony z czasem wykonania pojedynczego pomiaru, zależnym od czujnika (por. 2.1, 2.2), a z drugiej od prędkości zmian wilgotności w kontrolowanym otoczeniu. Równocześnie niewłaściwa prędkość przepływu próbkowanego gazu może wpływać na wynik pomiaru temperatury zwierciadła.

2.4. Jednostki wyrażania wyniku

Temperaturą punktu rosy jest już miarą wilgotności. Dodatkowy pomiar temperatury oraz ciśnienia otoczenia pozwala na określenie wilgotności przez inne użyteczne wielkości lub jednostki jak np.: zawartość wilgoci, wilgotność względna, wilgotność absolutna, ppm wagowe, ppm objętościowe. Zamiana temperatury punktu rosy na wyrażenie wilgotności w innych jednostkach wymaga rozwiązania złożonych równań matematycznych lub uciążliwego korzystania z tablic. Była to dotychczas istotna wada metody.

Wilgotnościomierz musi mieć informacje o temperaturze i ciśnieniu otoczenia, a jego system mikroprocesorowy musi mieć odpowiednią moc obliczeniową do wyznaczenia wilgotności w wybranych jednostkach.

2.5. Łatwość obsługi i eksploatacji

Podstawową zaletą czujnika z ochłodzonym zwierciadłem jest brak konieczności wzorcowania przez wymuszanie wzorcowych wartości wilgotności. Wzorcowanie obejmuje tylko tor pomiaru temperatury. Wadą jest konieczność okresowego czyszczenia powierzchni zwierciadła. Na podstawie badań eksploatacyjnych stwierdzono, że gdy zwierciadło nie jest oczyszczone, to błąd pomiaru jest prawie niezauważalny, a jego narastanie w czasie jest bardzo wolne. Po przekroczeniu pewnej granicy zabrudzenia czujnik przestaje sterować temperaturą punktu rosy, co jest natychmiast zauważalne [4]. Obsługa czujnika polega na okresowym czyszczeniu powierzchni zwierciadła na tyle często, aby nie doszło do przerwania sterowania pompą cieplną.

Częstotliwość czyszczenia zależy od zabrudzenia próbkowanego gazu. Może być zmniejszona przez zastosowanie dodatkowego filtra zatrzymującego cząsteczki zabrudzeń. Efekt zabrudzenia powinien także być ograniczony przez zastosowanie odpowiedniego algorytmu sterowania pompą cieplną (p. 2.2). W celu niedopuszczenia do błędów nadmiernych przy utraceniu sterowania pompą cieplną niezbędne jest blokowanie możliwości pomiaru i zastosowanie urządzenia alarmowego.

3. Konstrukcja sondy

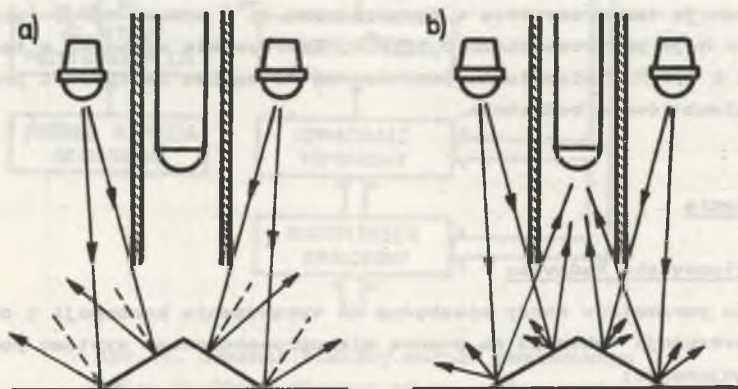
Sonda wilgotnościomierza jest podstawowym elementem czujnika. Zaprojektowano ją z uwzględnieniem kryteriów omówionych w rozdz. 2. W jej skład wchodzi układ optyczny i zwierciadło ochłodzone złączem Peltiera.

3.1. Układ optyczny

Składa się on ze źródła światła (diod elektroluminescencyjnych) i z detektora światła (fototranzystora). Źródło i detektor światła są usytuowane względem zwierciadła tak, że gdy powierzchnia zwierciadła jest sucha, promień świetlny nie dochodzi do detektora. W chwili pojawienia się kondensacji na powierzchni zwierciadła do detektora dochodzi światło rozproszone, powodując wzrost sygnału wyjściowego. Takie rozwiązanie charakteryzuje się dużą czułością, a ponadto temperaturowe zmiany czułości fotodetektora nie mają wpływu na początkowy poziom jego sygnału wyjściowego. W celu uzyskania równomiernego oświetlenia powierzchni zwierciadła układ optyczny jest symetryczny. 4 diody LED są rozmieszczone wokół fototranzystora nad stożkowym zwierciadłem o rozwartym kącie wierzchołka. Osie wszystkich elementów są równoległe.

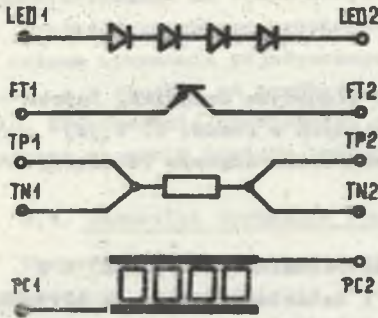
Diody zasilane są prądem impulsowym o wielokrotnie większej amplitudzie niż średni prąd dopuszczalny diod. Zwiększa się w ten sposób intensywność świecenia diod w czasie trwania impulsów prądu. Prąd wyjściowy fototranzystora jest próbkowany zawsze w czasie trwania impulsu świetlnego.

Na rys. 1 przedstawiono bieg promieni odbitych od zwierciadła, a na rys. 2 elementy elektryczne sondy.



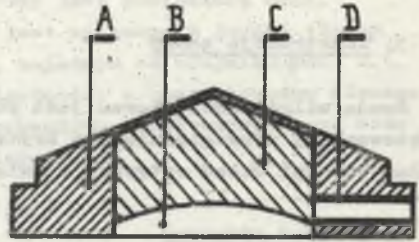
Rys. 1. Bieg promieni świetlnych odbitych od powierzchni lustra:
a) przed rozpoczęciem kondensacji, b) w czasie trwania kondensacji

Fig. 1. Run of light rays reflected from the mirror surface:
a) before the beginning of condensation, b) during condensation



Rys. 2. Schemat elektryczny układu optycznego

Fig. 2. Electric diagram of optical system



Rys. 3. Przekrój zwierciadła:
A - korpus, B - zamknięcie komory termorezystora, C - termorezystor, D - przepust teflonowy

Fig. 3. Mirror cross - section:
A - frame, B - thermoresistor chamber seal, C - Thermoresistor, D - teflon bushing

3.2. Zwierciadło

Wykonano szereg zwierciadeł z mosiądzu, miedzi i duraluminium o różnych wymiarach geometrycznych. Do badań użyto zwierciadła z duraluminium o średnicy zewnętrznej 8 mm (rys. 3). W komorze wewnątrz korpusu zwierciadła umieszczony jest termorezystor wykonany z izolowanego drutu miedzianego o średnicy 30 μm , zwiniętego bifilarnie i sprasowanego w kłębek. Korpus zwierciadła zapewnia minimalną rezystancję termiczną między powierzchnią kondensującą a termorezystorem. Odpowiedni docisk termorezystora do powierzchni kondensującej oraz stałość ułożenia zapewniono przez zalanie olejem komory termoutwardzalną masą plastyczną. Jest to równocześnie zabezpieczenie przed mechanicznym uszkodzeniem termorezystora.

Rezystancja termorezystora w temperaturze 25°C wynosi 130 Ω (około 5 m drutu), co daje przyrost około 0,5 Ω /°C. Wzorcowanie wykonano w temperaturze 0°C i 100°C. Zwierciadło przyklejono do ogniwa Peltiera i przymocowano do aluminiowego radiatora.

4. Badania

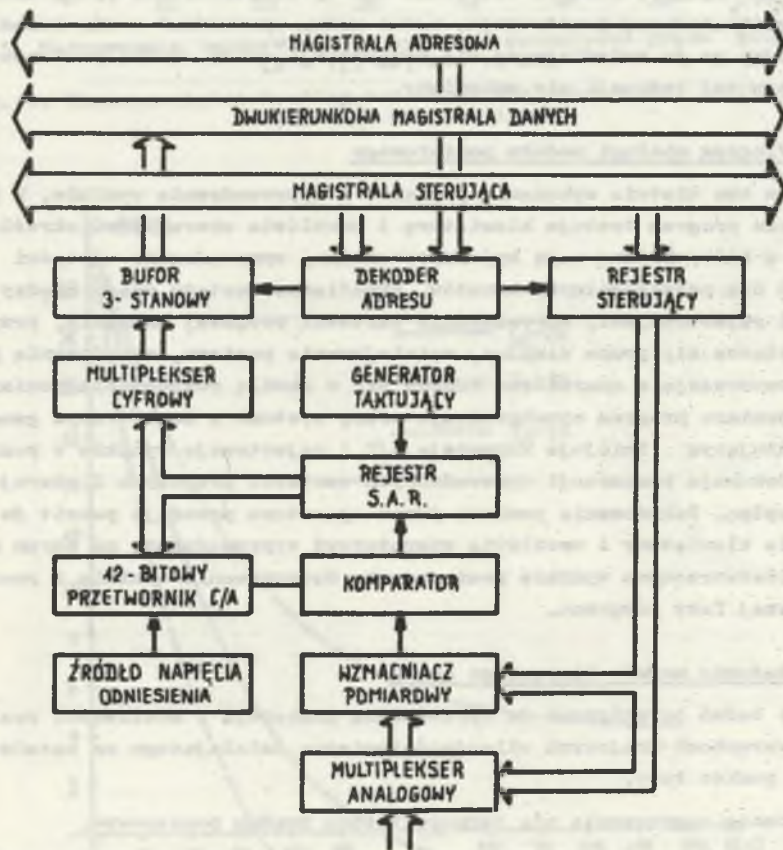
4.1. Stanowisko badawcze

Badania parametrów sondy niezbędne do sprawdzenia koncepcji i optymalizacji konstrukcji wykonano za pomocą mikroprocesorowego systemu pomiarowego, obejmującego::

- system uruchomieniowy,
- moduł pomiarowy,
- układ sprzęgający z sondą.

System umożliwia równoczesny pomiar wartości kilku wielkości (np. prądu fotoelektrycznego dwu fototranzystorów, rezystancji dwu termorezystorów), rejestrację cyfrową dużej liczby wyników, numeryczne przetworzenie wyników na bieżąco, dwustanowe lub proporcjonalne sterowanie pompą termoelektryczną, dwustanowe sterowanie oświetlaczem, wizualizację dużej liczby informacji, łatwą zmianę algorytmu działania wilgotnościomierza. System uruchomieniowy jest układem uniwersalnym, stosowany do różnych zadań [7].

Moduł pomiarowy jest układem specjalnie wykonanym do przeprowadzenia programu badań higrometru kondensacyjnego (rys. 4). Główną jego funkcją jest wielopunktowy pomiar napięć.



Rys. 4. Schemat blokowy modułu pomiarowego

Fig. 4. Block diagram of measuring unit

Ważniejsze dane modułu są następujące:

- możliwość pomiaru 4 napięć różnicowych lub 8 napięć względem wspólnego potencjału;
- rozdzielczość przetwarzania A/C - 11 bitów i 1 bit znaku;
- wynik przetwarzania A/C w kodzie binarnym;
- czas konwersji A/C - 24 μ s;
- zakres napięć wejściowych: -10,240 V...+10,235 V;
- zakres dopuszczalnych napięć wejściowych: -20 V...+20 V;
- dwa programowane wyjścia cyfrowe oraz trzy programowo kontrolowane wejścia cyfrowe.

Układ sprzęgający zawiera wszystkie obwody elektroniczne specyficzne dla aktualnie badanej konstrukcji. Łatwo można wprowadzać w nim zmiany, dostosowując go do zmieniającej się konstrukcji sondy. Moduł pomiarowy pozostaje w tej sytuacji nie zmieniony.

4.2. Program obsługi modułu pomiarowego

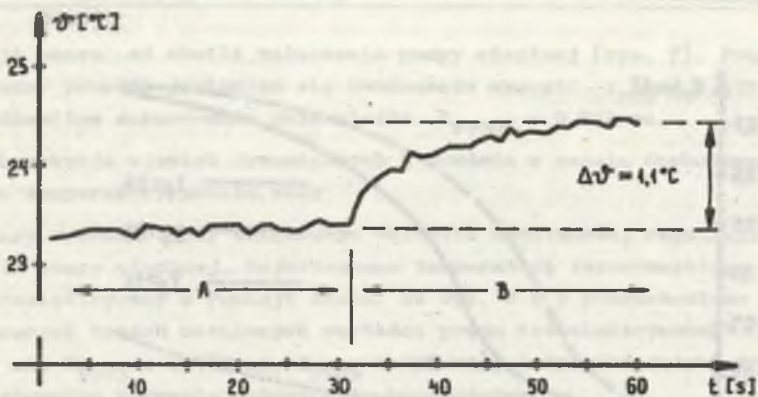
Program ten ułatwia wykonanie pomiarów i wyprowadzenie wyników. W pierwszej fazie program testuje klawiaturę i umożliwia operatorowi określenie kanałów, z których dane mają być rejestrowane, wprowadzenie wartości wzmocnień dla poszczególnych kanałów, określenie dostępu czasu między kolejnymi rejestracjami, wprowadzenie wartości progowej napięcia, przy której wyłącza się pompa ciepła, zainicjowanie pomiaru, zakończenie pomiaru. Konwersacja z operatorem kończy się z chwilą rozpoczęcia pomiaru. W fazie pomiaru program synchronizuje pracę systemu z zewnętrznym generatorem taktującym. Inicjuje konwersję A/C i rejestrację wyników w pamięci danych, dokonuje komparacji wprowadzonych wartości progowych i steruje pompą ciepłą. Zakończenie pomiaru przez operatora powoduje powrót do testowania klawiatury i umożliwia operatorowi wyprowadzenie na ekran monitora przetworzonych wyników pomiarowych, wydrukowanie wyników i powrót do pierwszej fazy programu.

4.3. Badania modelu fizycznego sondy

Zakres badań ograniczono do sprawdzenia koncepcji i możliwości realizacji w warunkach krajowych wilgotnościomierza działającego na zasadzie detekcji punktu rosy.

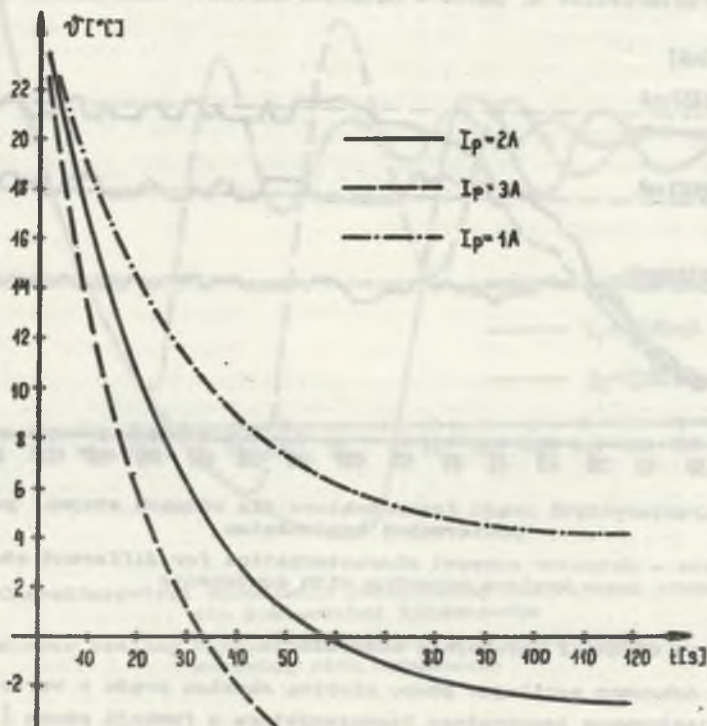
1. Badanie nagrzewania się termorezystora prądem pomiarowym.

Pomiaru dokonano bez chłodzenia zwierciadła. Najpierw zasilono termorezystor prądem impulsowym o częstotliwości 100 Hz, amplitudzie 10 mA i wypełnieniu 10% (moc wydzielona 1,3 mW), a po 30 s zasilono prądem stałym o wartości 10 mA (moc wydzielona 13 mW). Wykres temperatury termorezystora przedstawiono na rys. 5.



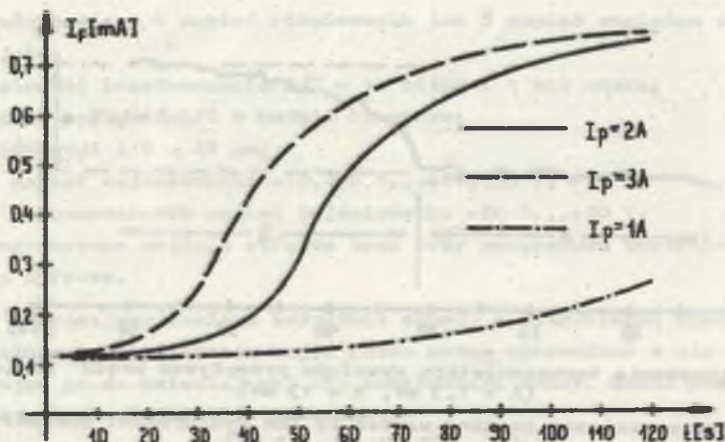
Rys. 5. Nagrzewanie termorezystora wywołane przepływem prądu pomiarowego (A - 1,3 mW, B - 13 mW)

Fig. 5. Thermoresistor heating caused by the measurement current flow (A - 1.3 mW, B - 13 mW)

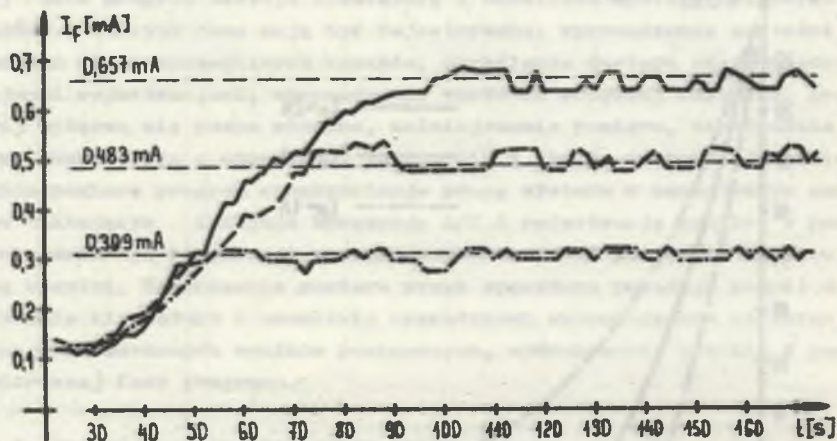


Rys. 6. Charakterystyki chłodzenia zwierciadła

Fig. 6. Mirror cooling characteristics



Rys. 7. Charakterystyki prądu fotodetektora przy chłodzeniu zwierciadła
 Fig. 7. Characteristics of photo - detector current when mirror cooling



Rys. 8. Charakterystyki prądu fotodetektora dla różnych stopni pokrycia powierzchni kondensatem
 Fig. 8. Photo - detector current characteristics for different stages of surface covering with condensate

2. Badanie dynamiki chłodzenia zwierciadła

Pomiary dokonano zasilając pompę ciepłą skokiem prądu o wartości 1A, 2A, 3A. Rejestrowano temperaturę termorezystora w funkcji czasu (rys. 6).

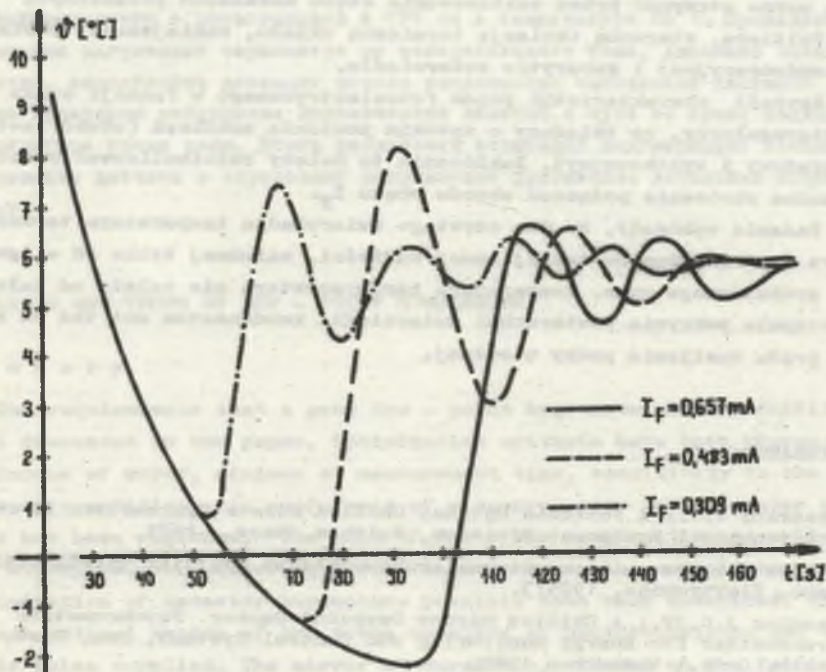
3. Sprawdzenie zdolności wykrywania przez układ optyczny kondensacji na powierzchni zwierciadła

Sprawdzenie wykonano dla trzech wartości prądu stałego zasilającego pompę ciepłą (1A, 2A, 3A). Rejestrowano wartość prądu fotoelektrycznego

w funkcji czasu od chwili załączenia pompy ciepłej (rys. 7). Prąd fotoelektryczny przed pojawieniem się kondensatu wynosił $I_{F0\%} = 0,135 \text{ mA}$, a po całkowitym zaparowaniu zwierciadła $I_{F100\%} = 0,715 \text{ mA}$.

4. Obserwacja zjawisk dynamicznych w sondzie w czasie dochodzenia do temperatury punktu rosy

Pomiary wykonano przy założonym układzie dwustanowej regulacji prądu zasilania pompy ciepłej. Rejestrowano temperaturę termorezystora oraz prąd fotoelektryczny w funkcji czasu. Na rys. 8 i 9 przedstawiono wyniki dla wybranych trzech ustalonych wartości prądu fotoelektrycznego ($I_{F30\%} = 0,309 \text{ mA}$, $I_{F60\%} = 0,483 \text{ mA}$, $I_{F90\%} = 657 \text{ mA}$), odpowiadających trzem różnym stopniom pokrycia zwierciadła kondensatem.



Rys. 9. Charakterystyki chłodzenia zwierciadła dla różnych stopni pokrycia powierzchni kondensatem

Fig. 9. Mirror cooling characteristics for different stages of surface covering with condensate

5. Wnioski

Wilgotnościomierz działający na zasadzie pomiaru temperatury punktu rosy może być skonstruowany w warunkach krajowych. Zoptymalizowane kons-

trukości wymaga dalszych badań na modelach fizycznych z wykorzystaniem istniejącego systemu pomiarowego. Wnioski szczegółowe wynikające z wykonanych badań są następujące:

1. Moc wydzielona w termorezystorze na skutek przepływu prądu pomiarowego powiększa w stopniu niedopuszczalnym mierzoną temperaturę, a zatem zastosowanie prądu impulsowego o małym wypełnieniu jest niezbędne. Przyrost temperatury o 1°C odpowiada zmianie wilgotności o jeden rząd większej od dopuszczalnego błędu pomiaru.

2. W temperaturze otoczenia $\Theta = 24^{\circ}\text{C}$ minimalne temperatury zwierciadła wynosiły $+4^{\circ}\text{C}$ (dla $I_p = 1 \text{ A}$), -2°C (dla $I_p = 2 \text{ A}$), -7°C (dla $I_p = 3 \text{ A}$). Tak wysoki poziom minimalnej temperatury umożliwiłby pomiar tylko dla dużych wartości wilgotności względnej, szczególnie przy niskich temperaturach otoczenia. Dalsze obniżenie granicy minimalnej temperatury zwierciadła można otrzymać przez zastosowanie stosu kaskadowo połączonych ogniw Peltiera, staranną izolację termiczną układu, zmniejszenie powierzchni kondensacyjnej i gabarytów zwierciadła.

3. Kształt charakterystyk prądu fotoelektrycznego w funkcji czasu jest nieregularny, co świadczy o wysokim poziomie zakłóceń (obwód jest niskoprądowy i wysokoomowy). Zakłócenia te należy zminimalizować przez maksymalne skrócenie połączeń obwodu prądu I_F .

4. Badania wykazały, że dla czystego zwierciadła temperatura termorezystora jest zbliżna do takiej samej wartości, zależnej tylko od wilgotności próbkowanego gazu. Temperatura termorezystora nie zależy od założonego stopnia pokrycia powierzchni zwierciadła kondensatem ani też od wartości prądu zasilania pompy ciepłej.

LITERATURA

- [1] Dosoretz V.J.: A Portable Optical Chilled Mirror Hygrometer. EG and G Environmental Equipment Division, Waltham, Mass., 1985.
- [2] Gondek J.: Nowe wielowarstwowe grubowarstwowe czujniki wilgotności gazu. Elektronika, 1985/3.
- [3] Harding J.C.Jr.: A Chilled Mirror Dewpoint Sensor Psychrometric Transmitter for Energy Monitoring and Control Systems. Gen. East. Instr. Corp., Watertown 1985.
- [4] Harding J.C.Jr.: Wide Range Humidity Transfer Standard. Gen. East. Instr. Corp., Watertown 1985.
- [5] Kostyrko K., Okołowicz-Grabowska B.: Pomiary i regulacja wilgotności w pomieszczeniach. Arkady, Warszawa 1971.
- [6] Łapiński M., Kostyrko K., Włodarski W.: Nowoczesne metody pomiaru i regulacji wilgotności. WNT, Warszawa 1968.
- [7] Skubis T. i in.: Analiza, badania i konstrukcja wilgotnościomierza na zasadzie punktu rosy z bieżącym bezpośrednim odczytem. Sprawozdanie CPBP 02.20/III.05, Gliwice 1986.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Marian Milek

Wpłynęło do Redakcji 20 czerwca 1987 r.

АНАЛИЗ И ИСПЫТАНИЯ ГИГРОМЕТРА С ТОЧКОЙ РОСЫ

Резюме

Дан анализ требований для хорошего гигрометра, работающего на базе детектирования температуры точки росы. Выбраны критерии оптимизации: минимум погрешности, минимум времени измерения, помехоустойчивость от влияющих величин. Доказана целесообразность применения микропроцессора и датчика. Представлена концепция конструкции щупа, а также микропроцессорная измерительная система для испытания датчика. Симметрическая оптическая система щупа состоит из фотоэлектрического транзистора и 4-ех светодиодов. Эта система питается импульсным источником. Дюралюминевое зеркало конической формы приклеено к элементу Пельтера. Внутри зеркала находится медный термометр с резистанцией в 130 ом в температуре 25°С. Проведены испытания нагревания термометра от измерительного тока, динамики охлаждения зеркала, способности детекции начала конденсации оптической системой а также проведены наблюдения динамических явлений в щупе во время подхода к температуре точки росы. Итоги физических испытаний подтверждают возможность реализации датчика и определяют направление дальнейших детальных исследований.

ANALYSIS AND TESTS OF DEW - POINT HYGROMETER

Summary

The requirements that a good dew - point hygrometer should fulfil have been discussed in the paper. Optimization criteria have been chosen: a minimum of error, minimum of measurement time, sensitivity to the influence quantities. An usefulness of microprocessor in hygrometer circuit has been reasoned. The idea of the probe construction as well as the microprocessor measuring system making the tests accomplishment and optimization of detector parameters possible have been described. Symmetrical optical system of the probe consists of phototransistor and 4 LEDs. It is pulse supplied. The mirror of duralumin, stucked on the Peltier cell has a shape of a cone, there is a copper resistance thermometer inside - of the resistance 130Ω at 25°C. The following tests have been carried out: thermoresistor heating by the measuring current, mirror cooling dynamics, optical system detection ability of condensation beginning as well as some dynamic phenomena have been observed in the probe when approaching dew - point. The tests have confirmed practical possibility of the detector manufacturing and indicated directions of further thorough investigations.