

Mgr inż. Elżbieta Jachczyk
Doc. dr inż. Jacek Korytkowski
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów w Warszawie

KOMPUTEROWE STANOWISKO DO BADANIA WŁASNOŚCI METROLOGICZNYCH ELEKTRONICZNYCH PRZELICZNIKÓW CIEPŁOMIERZY HYBRYDOWYCH

Omówiono komputerowe stanowisko do sprawdzania dokładności elektronicznych przeliczników wskazujących ciepłomierzy hybrydowych. Podano wzory opisujące charakterystyki ciepłomierzy i omówiono metodykę sprawdzania tych charakterystyk. Opisano konfigurację stanowiska oraz jego właściwości funkcjonalne. Omówiono komputerowy program realizujący całą procedurę przygotowania i wykonania na stanowisku badań przeliczników wskazujących ciepłomierzy hybrydowych.

Laboratory computer testing system for examining the accuracy of electronic hybrid heat meter calculators

The authors present computer testing system for examining the accuracy of electronic hybrid heat meter calculators. The equations of heat meter characteristics are given and the testing method of these characteristic is described. The configuration of the system and functional properties are given. The computer program for executing the test procedure is described.

1. WSTĘP

Współczesna energetyka ciepła w Polsce charakteryzuje się licznymi centralnymi ciepłowniami o dużej mocy, dostarczającymi energię ciepłą za pośrednictwem wody gorącej dla bardzo dużej liczby odbiorców. Ocenia się, że aktualnie w Polsce jest zainstalowanych około dwieście tysięcy ciepłomierzy. Należy jednak oczekiwać, że w najbliższych latach będą instalowane dalsze ciepłomierze, a w szczególności duże liczby tanich przystosowanych do potrzeb nowego budownictwa mieszkaniowego ciepłomierzy hybrydowych zawierających przeliczniki wskazujące z trwale przyłączonymi parami czujników temperatury, gdyż rozwiązanie takie zapewnia obniżenie kosztów produkcji.

Dla wszystkich rodzajów ciepłomierzy, które spełniają rolę przyrządów rozliczeniowych, Główny Urząd Miar w 2000 roku wprowadził obowiązek legalizacji pierwotnej dla nowo instalowanych przyrządów, a potem okresowo co 5 lat obowiązek ich legalizacji ponownej [1]. Zapowiadany wzrost nowego budownictwa mieszkaniowego w Polsce pociągnie za sobą wzrost liczby instalowanych co rocznie ciepłomierzy hybrydowych, które będą montowane w poszczególnych mieszkaniach, a nie tylko na węzle ciepłym budynku, jak to było praktykowane w przeszłości.

Grozi to pojawieniem się w Polsce dużej liczby nowych typów ciepłomierzy hybrydowych od różnych producentów. Potrzebne będą nowe stanowiska pomiarowe umożliwiające sprawną kontrolę metrologiczną ciepłomierzy hybrydowych.

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie podjął działania i dokonał opracowań w zakresie specjalizowanej aparatury do sprawdzania ciepłomierzy do której można zaliczyć:

- uniwersalne przenośne mikroprocesorowe testery: TEC-300 [2] [3] do sprawdzania przeliczników ciepłomierzy oraz TEC-400 do sprawdzania par czujników temperatury ciepłomierzy;
- laboratoryjne komputerowe stanowisko TEC-LEG [4] do sprawdzania elektronicznych przeliczników wskazujących ciepłomierzy składanych;
- laboratoryjne komputerowe stanowisko KAL-LEG do sprawdzania dokładności par rezystancyjnych czujników temperatury ciepłomierzy składanych [5].
- laboratoryjne komputerowe stanowisko TEC-LEG-8H do sprawdzania elektronicznych przeliczników z trwale połączonymi parami czujników temperatury ciepłomierzy hybrydowych, które jest przedmiotem niniejszego referatu.

Ciepłomierz hybrydowy podlegający badaniom na stanowisku składa się z następujących elementów: mikroprocesorowego przelicznika wskazującego z trwale połączoną parą czujników temperatury realizującego algorytm pomiaru wielkości wejściowych i wyliczenia energii cieplnej oraz z przetwornika przepływu wody.

Każdy z tych elementów ciepłomierza hybrydowego podlega osobnej kontroli metrologicznej i w przypadku pozytywnego wyniku tej kontroli oznaczany jest cechą legalizacji.

Stanowisko TEC-LEG-8H umożliwia szybkie sprawdzanie praktycznie jednocześnie 8 przeliczników dołączonych do stanowiska. Kryteria sprawdzania przeliczników na stanowisku TEC-LEG-8H są zgodne z Normą Europejską PN-EN 1434-5 oraz z najnowszymi wymaganiami GUM zawartymi w projekcie z dnia 3.10.2005 roku Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać ciepłomierze do wody [6].

Prezentowany referat dotyczy wyników wykonanej pracy badawczej poszerzającej stan wiedzy w dziedzinie rozwiązań układowych stanowisk pomiarowych ciepłomierzy mikroprocesorowych. Przedstawiane opracowanie jest oryginalne i stosuje rozwiązania chronione przez Urząd Patentowy RP zgłoszeniem pierwszeństwa P361637 z dnia 12.08.2003, właścicielem zgłoszenia patentowego jest Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów.

2. ZADANIA I WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE KOMPUTEROWEGO STANOWISKA TEC-LEG-8H

Komputerowe stanowisko TEC-LEG-8H jest przeznaczone do sprawdzania dokładności przeliczników wskazujących z trwale połączonymi parami czujników temperatury ciepłomierzy hybrydowych. Przelicznik ten stanowi istotny element składowy ciepłomierza, gdyż realizuje główny algorytm pomiaru wielkości wejściowych ciepłomierza i wyliczenia energii cieplnej.

Wielkościami wejściowymi przelicznika wskazującego są: temperatura wody na wejściu układu wymiany ciepła, temperatura na wyjściu układu wymiany ciepła oraz sygnał z przetwornika przepływu wody.

W komputerowym stanowisku TEC-LEG-8H przy sprawdzaniu przeliczników wskazujących ciepłomierzy hybrydowych należy dokonywać precyzyjnego zadawania wartości temperatury czujnika na wejściu i temperatury czujnika na wyjściu układu wymiany ciepła oraz należy dokonywać odpowiedniej symulacji sygnałów z przetworników przepływu wody, które stanowią przetworniki pomiarowe o ściśle określonym impulsowym sygnale częstotliwościowym.

Ciepłomierz wylicza chwilowe wartości mocy i zlicza narastające wartości mierzonej energii cieplnej. Algorytmy ciepłomierzy zostały opisane w literaturze [7] [8].

Energia zliczana Q stanowi różnicę energii nośnika ciepła dostarczonej na wejściu obiegu wymiany ciepła Q_{we} oraz energii nośnika ciepła odebranej na wyjściu obiegu wymiany ciepła Q_{wy} . Energia ta po upływie czasu od 0 do τ_1 może być opisana wzorem:

$$Q = \int_0^{\tau_1} [t_1 C_w(t_1) \rho(t_1) v_1(t_1) - t_2 C_w(t_2) \rho(t_2) v_2(t_2)] dt \quad (1)$$

gdzie: t_1 – temperatura wody na wejściu, t_2 – temperatura wody na wyjściu,
 $C_w(t_1)$ – ciepło właściwe wody na wejściu, $C_w(t_2)$ – ciepło właściwe wody na wyjściu,
 $\rho(t_1)$ – gęstość wody na wejściu, $\rho(t_2)$ – gęstość wody na wyjściu,
 $v_1(t_1)$ – strumień objętości wody na wejściu, $v_2(t_2)$ – strumień objętości wody na wyjściu,
 τ – czas.

Przyjmuje się, że istnieją takie dwa nieliniowe współczynniki cieplne $k_1(t_1, t_2)$ oraz $k_2(t_1, t_2)$, jako funkcje t_1 oraz t_2 , które spełniają dwa równania (2) oraz (3):

$$[t_1 - t_2] k_2(t_1, t_2) v_2(t_2) = t_1 C_w(t_1) \rho(t_1) v_1(t_1) - t_2 C_w(t_2) \rho(t_2) v_2(t_2) \quad (2)$$

$$[t_1 - t_2] k_1(t_1, t_2) v_1(t_1) = t_1 C_w(t_1) \rho(t_1) v_1(t_1) - t_2 C_w(t_2) \rho(t_2) v_2(t_2) \quad (3)$$

Jeżeli wprowadzimy te współczynniki cieplne do równania (1) to przyjmie ono dwie postacie wyrażone równaniami (4) i (5)

$$Q = \int_0^{\tau_1} [t_1 - t_2] k_2(t_1, t_2) v_2(t_2) dt \quad (4)$$

$$Q = \int_0^{\tau_1} [t_1 - t_2] k_1(t_1, t_2) v_1(t_1) dt \quad (5)$$

Różnicę temperatury oznacza się zazwyczaj jako:

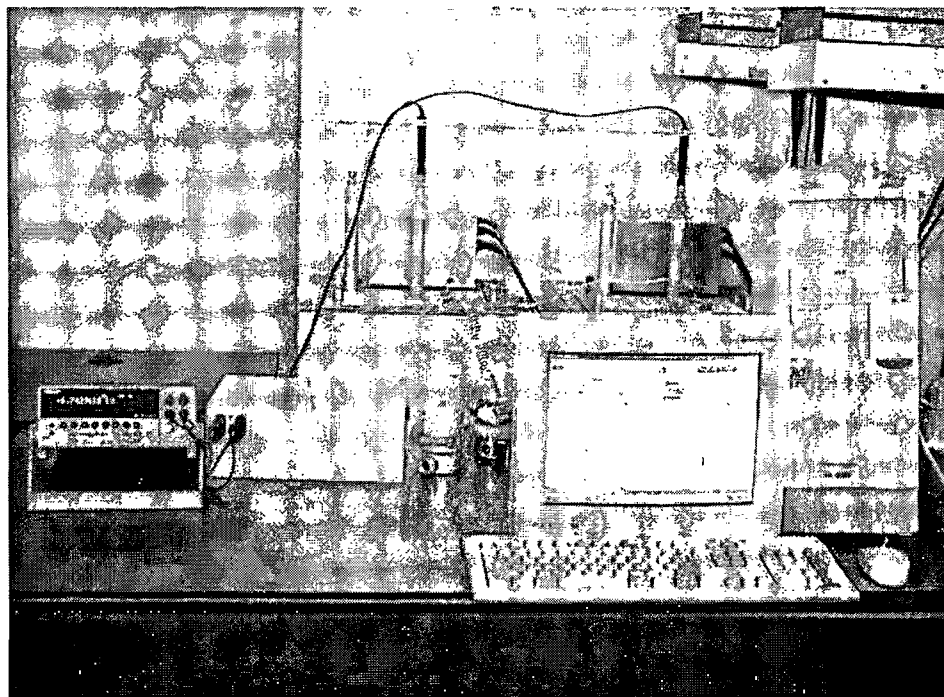
$$[t_1 - t_2] = \Delta t \quad (6)$$

Równanie (4) opisuje algorytm ciepłomierza dla przypadku, gdy strumień objętości wody, która jest nośnikiem ciepła jest mierzony na wyjściu obiegu wymiany ciepła. Równanie (5) opisuje algorytm ciepłomierza dla przypadku, gdy strumień objętości wody, jest mierzony na wejściu obiegu wymiany ciepła.

Wartości współczynników cieplnych podaje norma PN-EN 1434 Ciepłomierze, a wzory na te współczynniki podaje projekt opracowany przez GUM [6] nowego Rozporządzenia Ministra Gospodarki.

Podstawowym zadaniem komputerowego stanowiska jest sprawdzanie dokładności realizacji algorytmu pomiarowego (4) lub (5) przez badane przeliczniki.

3. KONFIGURACJA STANOWISKA TEC-LEG-8H



Rys. 1 Wygląd komputerowego stanowiska TEC-LEG-8H

Na rys.1 podano wygląd zestawu urządzeń wchodzących w skład komputerowego stanowiska TEC-LEG-8H. Operator komunikuje się z zestawem za pomocą standardowych urządzeń peryferyjnych komputera takich jak klawiatura, monitor, drukarka, a ponadto operator może zapisać wyniki badań na dysku twardym komputera w celu ich dalszego przetworzenia lub archiwizacji.

Stanowisko do badań przeliczników składa się komputera Pentium z systemem operacyjnym Windows, z monitorem i drukarką, a komputer posiada zainstalowaną kartą pomiarową generatorów oraz liczników i kartę interfejsu IEC-625 do automatycznego odczytu wyników pomiarów temperatury wykonywanych przez wzorcowe czujniki platynowe za pośrednictwem precyzyjnego cyfrowego miernika rezystancji.

Komputer połączony jest ze sterownikiem TEC-LEG-H, który umożliwia automatyczne przełączanie 8 przeliczników do generatorów impulsów symulujących przetworniki przepływu oraz realizuje automatyczne przełączanie wyjść impulsów testowych z 8 przeliczników na wejścia liczników – mierników tych impulsów. Sterownik TEC-LEG-H realizuje w cyklu automatycznym przełączanie 2 wzorcowych czujników platynowych temperatury do wejścia cyfrowego miernika rezystancji.

Program komputera realizuje generowanie za pośrednictwem karty pomiarowej generatorów i liczników zadanej liczby impulsów symulujących przepływ kolejno dla 8

przeliczników oraz nadzoruje zliczanie ilości impulsów testowych z 8 przeliczników oraz inicjuje automatyczne odczyty wskazań cyfrowego miernika rezystancji 2 wzorcowych czujników platynowych oraz wylicza mierzone temperatury.

Oprogramowanie komputera realizuje obliczenia, przechowywanie danych przeliczników i ich wyników badań w bazie danych oraz umożliwia drukowanie tzw. zapisek ze sprawdzenia.

W skład stanowiska wchodzi 2 termostaty cieczowe, jeden wodny, drugi glicerynowy z automatyczną regulacją zadawanej temperatury, wyposażone w specjalne zespoły mocowania dla 8 czujników umożliwiające uzyskanie stabilności temperatury ± 10 mK ($0,01$ °C) w przestrzeni roboczej termostatów. W każdym zespole mocowania czujników termostatu jest umieszczony czujnik wzorcowy platynowy do bardzo dokładnego pomiaru temperatury w tym termostacie. Pomiaru temperatury dokonuje dokładny cyfrowy miernik rezystancji, umożliwiający pomiar cztero-przewodowy rezystancji, przy czym cyfrowy miernik jest wyposażony w interfejs IEC-625 (IEE 488) do połączenia go z komputerem.

4. GŁÓWNE DANE TECHNICZNE WIELKOŚCI SYMULOWANYCH LUB ZADAWANYCH ORAZ SYGNAŁÓW ODBIERANYCH

Symulatory przetworników przepływu

Stanowisko zapewnia możliwość sterowanej automatycznie symulacji sygnałów wyjściowych od 8 przetworników przepływu w postaci:

- impulsów napięciowych o poziomach 0V / 3,6V lub 0V / 6V i programowanej wartości częstotliwości od 1 Hz do 100 Hz;
- zestyku mechanicznego (kontaktronu) o rezystancji zwarcia ≤ 1 k Ω , rezystancji rozwarcia ≥ 3 M Ω , wypełnieniu 0,5 i programowanej wartości częstotliwości od 0,1 Hz do 20 Hz.

Pomiar wyjściowych sygnałów impulsowych przeliczników

- Stanowisko zapewnia możliwość pomiaru wyjściowych sygnałów z 8 przeliczników: sygnałów impulsowych przyrostu stanu licznika energii lub sygnałów impulsowych testowych w postaci: impulsów napięciowych o poziomach 0V / 3V, lub 0V / 6V, lub -4V / +4V i częstotliwości ≤ 100 kHz;
- zestyku mechanicznego (kontaktronu) o rezystancji zwarcia ≤ 10 k Ω , rezystancji rozwarcia ≥ 3 M Ω i częstotliwości ≤ 20 Hz;
- zestyku elektrycznego (otwarty kolektor) o napięciu stanu niskiego ≤ 1 V, napięciu stanu wysokiego ≥ 3 V i częstotliwości ≤ 100 kHz.

Zadawanie temperatury 8-miu parom czujników stanowiących nierozdzielne zestawy z przelicznikami

Stanowisko TEC-LEG-8H wyposażone jest w termostat wodny z dodatkowym chłodzeniem zapewniający zadawanie wysoko stabilnych temperatur 8-miu czujnikom pomiaru temperatury stosowanym na wyjściu układu wymiany ciepła w granicach od 5 °C do 67 °C. Zadana temperatura jest mierzona przez czujnik wzorcowy platynowy za

pośrednictwem cyfrowego miernika rezystancji, z którego sygnał cyfrowy o standardzie IEC-625 przekazywany jest do komputera stanowiska.

Stanowisko wyposażone jest w drugi termostat glicerynowy zapewniający zadawanie wysoko stabilnych temperatur 8-miu czujnikom pomiaru temperatury stosowanym na wejściu układu wymiany ciepła w granicach od 70 °C do 160 °C. Zadana temperatura jest mierzona przez czujnik wzorcowy platynowy za pośrednictwem cyfrowego miernika rezystancji, z którego sygnał cyfrowy o standardzie IEC-625 przekazywany jest do komputera stanowiska.

5. SPOSÓB SPRAWDZANIA PRZELICZNIKÓW

Sprawdzenie przelicznika wskazującego z zespoloną parą czujników temperatury polega na wyznaczeniu błędu przelicznika w zaprogramowanych punktach pomiarowych (różniących się wartościami temperatury realizowanej w termostatach), poprzez porównanie jego wskazania z wartością poprawną ilości ciepła.

Po ustaleniu się w termostatach wartości temperatury realizujących zadaną różnicę temperatury i po wysłaniu do sprawdzanych 8 przeliczników odpowiedniej liczby impulsów symulujących przepływ, następuje odczyt wartości energii cieplnej, wskazanej przez każdy sprawdzany przelicznik (metodą dobraną odpowiednio do jego typu), obliczenie wartości poprawnej energii cieplnej, obliczenie błędu przelicznika z zespoloną parą czujników temperatury i porównanie go z wartością błędu dopuszczalnego w tym punkcie pomiarowym.

Dla uzyskania dużej wydajności stanowiska możliwe jest przyspieszenie badań tak, by czas pomiaru w jednym punkcie nie przekroczył kilku minut. Jest to realizowane poprzez wykorzystanie jednej z następujących metod:

- zwiększenie częstotliwości sygnału symulującego przepływ (bez przekroczenia wartości maksymalnej, określonej w decyzji o zatwierdzeniu jego typu),
- odczyt ilości energii cieplnej ze zwiększoną rozdzielczością,
- pomiar liczby impulsów z wyjścia testowego przelicznika,
- odczyt danych z pamięci przelicznika przez specjalizowane interfejsy.

Wszystkie procedury przygotowania i wykonania badań przeliczników ciepła na stanowisku realizuje specjalizowany program komputerowy pracujący w środowisku WINDOWS.

Zgodnie z wymaganiami GUM [6] podczas legalizacji przelicznika wskazującego badania należy przeprowadzić przy symulowanym przepływie, oraz co najmniej przy następujących zadawanych wartościach różnicy temperatury Δt , określonych na podstawie decyzji zatwierdzeniu typu przelicznika wskazującego:

$$\Delta t_{\min} \leq \Delta t \leq 1,2 \Delta t_{\min} \quad (7)$$

przy czym temperatura niższa powinna mieć wartość od 40 °C do 70 °C,

$$10^\circ\text{C} \leq \Delta t \leq 20^\circ\text{C} \quad (8)$$

przy czym temperatura niższa powinna mieć wartość od 40 °C do 70 °C

$$\text{oraz } \Delta t_{\max} - 5^\circ\text{C} \leq \Delta t \leq \Delta t_{\max} \quad (9)$$

Dla współczesnych ciepłomierzy zazwyczaj najniższy zakres pomiaru temperatury Δt_{\min} wynosi 3 °C. Stanowisko TEC-LEG-8H dokonuje sprawdzenia tego zakresu

pomiarowego zadając temperaturę 70 °C termostatu czujników wody na wejściu oraz zadając temperaturę 67 °C termostatu czujników wody na wyjściu badanych przeliczników. Sprawdzenie zakresu pomiarowego $\Delta t = 10$ °C dokonuje się zadając odpowiednio temperaturę 70 °C i 60 °C termostatów. Sprawdzenie zakresu pomiarowego Δt_{\max} dokonuje się zadając temperaturę $t_1 = 5$ °C + Δt_{\max} oraz $t_2 = 5$ °C.

6. NIEPEWNOŚĆ POMIARÓW STANOWISKA

Nowy dokument opracowany przez GUM [6] stawia wymaganie, że badania ciepłomierzy powinny być przeprowadzane na stanowiskach pomiarowych umożliwiających wyznaczenie błędów badanych przyrządów z niepewnością rozszerzoną (zwaną też niepewnością całkowitą) [9] [10] przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k=2$ nie przekraczającą 1/5 wartości błędów granicznych dopuszczalnych badanych ciepłomierzy.

Niepewność graniczna dopuszczalna względna stanowiska przy badaniu przelicznika wskazującego z nierozdzieloną parą czujników temperatury (którego typ został zatwierdzony po 15 maja 1999 r.) nie powinna przekraczać wartości:

$$U_{\text{reld}} = \pm (0,2 + 0,8 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t}) \quad (10)$$

Ze wzoru tego wylicza się następujące wartości graniczne dopuszczalne niepewności:

$$\text{dla } \Delta t = \Delta t_{\min} \quad U_{\text{reld}} = \pm 1\% \quad (11)$$

$$\text{dla } \Delta t = 10 \text{ °C i } \Delta t_{\min} = 3 \text{ °C} \quad U_{\text{reld}} = \pm 0,44\% \quad (12)$$

$$\text{dla } \Delta t = 20 \text{ °C i } \Delta t_{\min} = 3 \text{ °C} \quad U_{\text{reld}} = \pm 0,32\% \quad (13)$$

W celu oszacowania niepewności pomiaru stanowiska TEC-LEG-8H należy odpowiednio przekształcić wzór (4) aby opisać charakterystykę przelicznika wskazującego z trwale połączoną parą czujników temperatury w warunkach sprawdzania przelicznika przy stałych temperaturach t_1 oraz t_2 , przy stałej ich różnicy Δt , przy stałym strumieniu objętości wody $v_2(t_2)$, w określonym czasie $\Delta \tau$. Przyrost zliczanego ciepła ΔQ wskazywany lub generowany jako sygnał kodowany, a najczęściej generowany przez przelicznik w formie odpowiedniej liczby impulsów zwanych impulsami testowymi ciepła może być opisany wzorem:

$$\Delta Q = \Delta t \ k_2(t_1, t_2) \ v_2(t_2) \ \Delta \tau \quad (14)$$

Z równania (14) wynika, że na niepewność pomiaru stanowiska składają się następujące niepewności składowe:

u_Q - niepewność pomiaru przez stanowisko wartości przyrostu ciepła ΔQ ;

$u_{\Delta t}$ - niepewność pomiaru i zadawania różnicy temperatury Δt dla pary czujników;

u_k - niepewność przeliczenia w programie stanowiska wartości współczynnika cieplnego $k_2(t_1, t_2)$;

u_v - niepewność pomiaru i symulacji impulsów przepływu wody;

$u_{\Delta \tau}$ - niepewność pomiaru czasu trwania próby.

Zgodnie z prawem propagacji niepewności, wartość niepewności rozszerzonej U_Q dla poziomu ufności 95% przy współczynniku rozszerzenia $k=2$ wyliczyć można ze wzoru:

$$U_Q = 2 \sqrt{u_Q^2 + u_{\Delta t}^2 + u_k^2 + u_v^2 + u_{\Delta \tau}^2} \quad (15)$$

Gdy znane są odchylenia graniczne $\pm a_i$ poszczególnych parametrów pomiaru, to niepewności standardowe typu B [9] [10] każdego parametru przy założeniu prostokątnego rozkładu prawdopodobieństwa można wyliczyć ze wzorów:

$$u_Q = \frac{a_Q}{\sqrt{3}}, \quad u_{\Delta t} = \frac{a_{\Delta t}}{\sqrt{3}}, \quad u_k = \frac{a_k}{\sqrt{3}}, \quad u_v = \frac{a_v}{\sqrt{3}}, \quad u_{\Delta \tau} = \frac{a_{\Delta \tau}}{\sqrt{3}} \quad (16)$$

Składowe niepewności u_Q , u_k , u_v oraz $u_{\Delta \tau}$ są mało znaczące, a wartość względną każdej składowej można oszacować, że nie przekracza ona 0,01%. Wynika to z wysokiej dokładności pomiarów i dokładnego generowania liczby impulsów przez zastosowaną w stanowisku kartę komputerową, a także jest to też wynikiem dokładnego zadawania wartości w programie współczynnika cieplnego $k_2(t_1, t_2)$.

Znaczącą wartość ma niepewność pomiaru i zadawania różnicy temperatury pary czujników przyłączonych fabrycznie do przelicznika wskazującego. Niepewność pomiaru i zadawania różnicy temperatury można wyliczyć zgodnie z prawem propagacji niepewności według podanego niżej wzoru, szacując wartości poszczególnych odchylen granicznych.

$$u_{\Delta t} = \sqrt{\frac{a_{cz1}^2}{3} + \frac{a_{cz2}^2}{3} + \frac{a_{t1}^2}{3} + \frac{a_{t2}^2}{3} + \frac{a_{nt1}^2}{3} + \frac{a_{nt2}^2}{3}} \quad (17)$$

gdzie: a_{cz1} , a_{cz2} - błąd graniczny czujników wzorcowych krótkoterminowy (10 min) szacowany na: $a_{cz1} = a_{cz2} = 0,001 \text{ }^\circ\text{C}$;

a_{t1} , a_{t2} - błąd graniczny pomiaru temperatury multimetrem wzorcowym wynikający z jego dryftu krótkoterminowego 10 min (transfer relative accuracy) na zakresie 200 Ω , przy pomiarze rezystancji czujnika ok. 127 Ω szacowany na: $a_{t1} = a_{t2} = 0,0018 \text{ }^\circ\text{C}$;

a_{nt1} , a_{nt2} - błąd graniczny zadawania temperatury t_1 oraz t_2 w termostatach wynikający z niestabilności temperatury w przestrzeni roboczej termostatu szacowany według danych katalogowych termostatów na: $a_{nt1} = a_{nt2} = 0,010 \text{ }^\circ\text{C}$.

Niepewność standardowa pomiaru i zadawania temperatury wyliczona według wzoru (17) wynosi: $u_{\Delta t} = 0,0084 \text{ }^\circ\text{C}$.

Niepewność rozszerzona względna stanowiska TEC=-LEG-8H wyliczona według wzoru (15) w zależności od zadawanych różnic temperatury wynosi:

$$\text{dla } \Delta t = \Delta t_{\min} \quad U = \pm 0,56\% \quad (18)$$

$$\text{dla } \Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C} \text{ i } \Delta t_{\min} = 3 \text{ }^\circ\text{C} \quad U = \pm 0,17\% \quad (19)$$

$$\text{dla } \Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C} \text{ i } \Delta t_{\min} = 3 \text{ }^\circ\text{C} \quad U = \pm 0,09\% \quad (20)$$

Analiza niepewności stanowiska przy realizacji algorytmu według wzoru (5) przynosi takie same wyniki jak przedstawiono wyżej.

Opracowane stanowisko pomiarowe spełnia ze znaczącą rezerwą wymagania metrologiczne na wartości graniczne dopuszczalne niepewności rozszerzonej pomiaru badanych przeliczników.

7. PODSTAWOWE FUNKCJE PROGRAMU CIEPLO8H

Program CIEPLO8H umożliwia realizację następujących zadań: obsługa bazy danych przeliczników, obsługa bazy danych badań przeliczników, przygotowanie i sterowanie badaniem oraz edycja i wydruk raportu końcowego.

Baza danych przeliczników zawiera parametry przeliczników istotne dla wykonania sprawdzenia błędu przelicznika wskazującego. Wprowadzając rekord do tej bazy wpisuje się nazwę typu przelicznika, jednostkę ciepła, maksymalną rozdzielczość liczydła ciepła, wartość stałej impulsów testowych, miejsce pomiaru przepływu, jednostkę i wartość stałej przetwornika przepływu wody oraz maksymalną dopuszczalną przez producenta częstotliwość impulsów z przetwornika przepływu wody.

Baza danych badań zawiera rekordy zawierające dane potrzebne do wykonania sprawdzenia przelicznika wskazującego. Wprowadzając rekord do tej bazy wpisuje się nazwę badania (nadana przez użytkownika), sposób badania (badanie z impulsami testowymi czy bez, zakończenie badania po n impulsach ciepła lub objętości) i sposób obliczania błędów dopuszczalnych, następnie określa się parametry każdego z 3 punktów pomiarowych - temperatura na wejściu i na wyjściu wybrana z proponowanych przez program list pomocniczych i liczba impulsów wody.

W ramach przygotowania badania należy zaprogramować grupę ciepłomierzy a następnie dokonać wyboru grupy do badań. Grupa ciepłomierzy powstaje po przypisaniu do siebie wybranych z bazy: przelicznika określonego typu oraz badania oraz po wprowadzeniu indywidualnych parametrów każdego przelicznika w grupie. Program generuje wtedy unikatowy numer identyfikacyjny grupy tzw. sygnaturę, która związana jest z grupą na stałe i umożliwia przywołanie jej w razie potrzeby. Gdy po wprowadzeniu wszystkich danych zostanie wybrana grupa ciepłomierzy można uruchomić wykonanie badania. Badanie wykonywane jest w ściśle określonej sekwencji działań. Przed przystąpieniem do kolejnego testowania przeliczników z parami czujników temperatury sprawdzana jest wartość temperatury w obu termostatach i porównywana z wartościami zadanymi. Po uzyskaniu odpowiednich wartości temperatury w termostatach program samoczynnie przechodzi do pomiarów wykonywanych na przelicznikach.

Po zakończeniu badania tworzony jest raport z badania czyli zapiska. Menu programu umożliwia edytowanie nagłówka zapiski. W zapisce oprócz wyników pomiarów znajduje się ocena poszczególnych przeliczników w grupie oraz wynik sprawdzenia czyli czy dany przelicznik został zalegalizowany.

Wyniki badań mogą być drukowane w różnych zestawieniach: jako wyniki pomiarów w pojedynczych punktach pomiarowych, jako wyniki badań grupy ciepłomierzy (postać zapiski), jako wyniki badań poszczególnych przeliczników.

8. ZAKOŃCZENIE

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów dokonał opracowania komputerowego stanowiska TEC-LEG-8H i przygotował jego wdrożenie w ramach umowy z Ministerstwem Nauki i Informatyzacji jako projekt celowy nr 6 T11 2004 C/06316 dofinansowany przez Ministerstwo.

Autorzy wyrażają podziękowanie konstruktorowi stanowiska panu mgr inż. Tadeuszowi Goszczyńskiemu, który też jest autorem zgłoszenia patentowego P361637 w Urzędzie Patentowym RP, według którego stanowisko zostało zrealizowane, za cenne uwagi wykorzystane w niniejszej pracy.

LITERATURA

- [1] J. Korytkowski. *Przepisy metrologiczne i sprawdzanie ciepłomierzy*. POMIARY, AUTOMATYKA, ROBOTYKA. Nr 7-8 (29)/99, lipiec-sierpień, 1999 r. str. 54-56.
- [2] T. Goszczyński, J. Kowalski. *Uniwersalny tester liczników ciepła*. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja. Nr 11 (284). Listopad 1993r. str. 351-352.
- [3] T. Goszczyński, J. Korytkowski. *Uniwersalny tester elektronicznych przeliczników ciepła oraz nowe laboratoryjne stanowiska do badań elementów pomiarowych ciepłomierzy*. Informacja INSTAL 6/96. Czerwiec 1996 r. Warszawa, str. 21-24.
- [4] T. Goszczyński, J. Korytkowski. *Stanowisko pomiarowe TEC-LEG do badań przeliczników ciepła*. POMIARY, AUTOMATYKA, ROBOTYKA. Nr 4. Kwiecień 1997r. str. 1-2.
- [5] T. Goszczyński, E. Jachczyk, J. Korytkowski: *Komputerowe stanowisko do badania charakterystyk par czujników temperatury przeznaczonych do elektronicznych liczników energii cieplnej*. Materiały Konferencji AUTOMATION'97. Tom 2, 1997r.
- [6] Główny Urząd Miar, Biuro Prawno-Legislacyjne BPL-023-17/2005/MST. Projekt z dnia 03.10.2005 – Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać ciepłomierze do wody i ich elementy oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych.
- [7] J. Korytkowski: *Aproksymacja nieliniowych algorytmów licznika energii cieplnej z platynowymi rezystancyjnymi czujnikami temperatury*. Pomiar Automatyka Kontrola, nr 8, 1985.
- [8] ORGANISATION INTERNATIONALE DE METROLOGIE LEGALE. International Recommendation. *Heat meters*. OIML R 75. Edition 1988 (E). Paryż.
- [9] D. Turzeniecka. *Podstawowe zagadnienie oceny niepewności*. POMIARY, AUTOMATYKA, KONTROLA. Nr 9-1998. Wrzesień 1998 r. str. 327-330.
- [10] J. M. Jaworski. *Niedokładność, błąd i niepewność pomiaru*. POMIARY, AUTOMATYKA, ROBOTYKA. Nr 7-8(29)/99. Warszawa, lipiec-sierpień 1999 r. str. 12-16.