

Roman OSMYK, Albin CZUBLA, Piotr SZTERK
 GŁÓWNY URZĄD MIAR, ZAKŁAD ELEKTRYCZNY,
 ul. Elektoralna 2, 00-139 Warszawa

Krajowe porównanie międzylaboratoryjne w dziedzinie czasu i częstotliwości – generator z mikroprocesorowym symulatorem sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego

Mgr Roman OSMYK

Starszy metrolog w Laboratorium Czasu i Częstotliwości Zakładu Elektrycznego Głównego Urzędu Miar. Absolwent Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Opolskiego, kierunek: fizyka, specjalność: fizyka doświadczalna – ukończone w 2006 r. Od 2008 r. pracuje w Głównym Urzędzie Miar. Specjalista w dziedzinie utrzymywania atomowych wzorców czasu i częstotliwości.



e-mail: r.osmyk@gum.gov.pl

Dr Albin CZUBLA

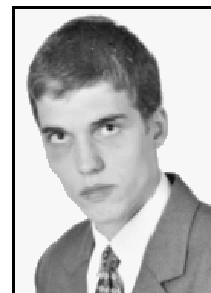
Kierownik Laboratorium Czasu i Częstotliwości Zakładu Elektrycznego Głównego Urzędu Miar. Ukończył fizykę na UMCS w Lublinie w 1994 r., doktorat – 1999 r. Zajmuje się metrologią czasu i częstotliwości w zakresie prowadzenia atomowych skal czasu, analizy stabilności sygnałów czasu i częstotliwości, precyzyjnego transferu czasu oraz rozwijania metod pomiarowych i analizy niepewności wyniku pomiaru.



e-mail: a.czubla@gum.gov.pl

Mgr inż. Piotr SZTERK

Starszy metrolog w Laboratorium Czasu i Częstotliwości Zakładu Elektrycznego Głównego Urzędu Miar. Studia na kierunku informatyka ukończone w 2008 r. na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Od 2008 r. pracuje w Głównym Urzędzie Miar. Specjalista w dziedzinie utrzymywania atomowych wzorców czasu i częstotliwości. Z zamiłowania elektronik (systemy mikroprocesorowe), akustyk i konstruktor systemów pomiarowych.



e-mail: p.szterk@gum.gov.pl

of the work of the control instruments (clock testers) were critical and needed to be adequately taken into account in estimation of the measurement uncertainty. This comparison helped the participants to better understand the work of the clock testers and allowed them to verify and improve procedures of evaluation of the measurement results obtained with use of this type of equipment.

Keywords: time and frequency metrology, interlaboratory comparison.

1. Wstęp

Porównania międzylaboratoryjne odgrywają ważną rolę w ocenie kompetencji laboratoriów wzorcujących i badawczych oraz poprawności stosowanych metod pomiarowych [1, 2]. W Polsce porównania wzorców czasu w dziedzinie czasu i częstotliwości na najwyższym poziomie dokładności przeprowadzane są tylko pomiędzy instytucjami posiadającymi atomowe wzorce czasu i częstotliwości oraz systemy do ich ciągłych zdalnych porównań – porównania te są realizowane w odniesieniu do UTC(PL) i są jednocześnie elementem międzynarodowych porównań kluczowych [3, 4]. Na niższym poziomie dokładności realizowane są w Polsce głównie porównania dwustronne, które polegają na samodzielnym wykonaniu wzorcowania wybranego wzorca czy przyrządu pomiarowego (obiektu porównań), a następnie na zleceniu wzorcowania obiektu porównań do laboratorium odniesienia i porównaniu uzyskanych wyników pomiarów.

Uzupełnieniem do ww. porównań są organizowane przez Główny Urząd Miar (GUM) wielostronne porównania międzylaboratoryjne wzorców w dziedzinie czasu i częstotliwości [5, 6, 7], z których w niniejszym artykule dokładniejszej analizie zostało poddane najnowsze porównanie z 2011 r. – z kwarcowym generatorem częstotliwości wyposażonym w mikroprocesorowy symulator sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego.

2. Wcześniejsze porównania

W latach wcześniejszych (2005 r. i 2010 r.) GUM organizował w dziedzinie czasu i częstotliwości porównania międzylaboratoryjne, w których wzorcem przenośnym był stoper HS-1000 [5, 6]. Taki wybór wzorca przenośnego odpowiadał potwierdzeniu zdolności pomiarowej laboratoriów do wzorcowania stoperów sterowanych ręcznie i wszystkie uczestniczące w tych porównaniach laboratoria uzyskały wynik pozytywny. Jednakże ze względu na typowe parametry metrologiczne tego rodzaju wzorca przenośnego, jego udział niepewności w końcowym wyniku pomiaru był dominujący.

Przy porównaniu z 2010 r. wyznaczono zależność od temperatury otoczenia wartości odchylenia względnego częstotliwości (o.w.cz.) wewnętrznego generatora kwarcowego w stoperze

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawione zostały zagadnienia dot. organizowanych przez Główny Urząd Miar krajowych porównań międzylaboratoryjnych w dziedzinie czasu i częstotliwości, w kontekście zastosowania w najnowszym porównaniu z 2011 r. jako wzorca przenośnego: generatora z symulatorem sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego. Podczas analizy wyników tego porównania zauważono istotny wpływ charakterystyk pracy stosowanych przez laboratoria chronokomparatorów na wyniki porównania, co przelożyło się na poprawę sposobu szacowania niepewności wyniku pomiaru przez laboratoria biorące udział w porównaniu i lepsze rozumienie uzyskiwanych wyników pomiaru.

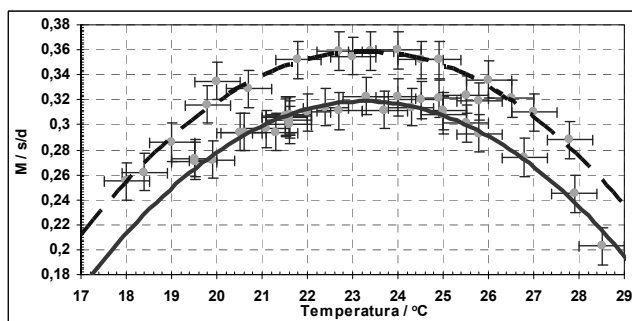
Słowa kluczowe: metrologia czasu i częstotliwości, porównania międzylaboratoryjne.

In-country interlaboratory comparison in time and frequency domain – generator with microprocessor signal simulator of electronic watch stepper motor

Abstract

This paper presents the issues concerning interlaboratory comparisons in time and frequency domain organized by the Central Office of Measures [5, 6, 7]. A short description of the purpose of such comparisons is presented in the first section. The second section contains description of the previous comparisons with a HS-1000 stopwatch as a portable standard which, however, was not stable long-term enough and was not resistant to influence of outside temperature (Fig. 1). In Section 3, there is presented a comparison of 2011 with a new model of the portable standard – a generator with a microprocessor signal simulator of the electronic watch stepper motor (Fig. 2 and 3) whose internal control system and motor stepper signal simulator were made in GUM. This standard is characterized by small dependence of the relative frequency deviation on changes of the outside temperature and simulates three detuning signals with a frequency of about 1 Hz. The analysis of the comparison results of 2011 (Section 4) was focused on the causes of a relatively large discrepancy between the results obtained by participants and the actual (correct) values of the simulated detuned signals in some cases. It was found that the characteristics

HS-1000 (pełniącym rolę wzorca przenośnego). Zgodnie z przewidywaniami uzyskano zależność paraboliczną o.w.cz. od temperatury, ale zaobserwowano również nagłą trwałą skokową zmianę o.w.cz. o ok. $-0,05$ s/d pomiędzy okresami chłodzenia i nagrzewania wzorca (rys. 1). W efekcie przyjęto w tym porównaniu powiększoną wartość niepewności uwzględniającą wpływ niestabilności wzorca przenośnego na wartość jego o.w.cz., a w konsekwencji przekraczającą 2- a nawet 4-krotnie wartości deklarowanych niepewności uczestników porównania. Ponadto założono pewną arbitralność wyboru wartości liczbowej wartości odniesienia. Wszystkie laboratoria uzyskały wówczas wynik pozytywny porównania, ale porównanie wymagało powtórzenia, z zaleceniem użycia wzorca o lepszej stabilności.



Rys. 1. Wyniki pomiaru o.w.cz. (parametru M) wewnętrznego generatora kwarcowego wzorca przenośnego w zależności od temperatury. Górna parabola (linia przerywana) odpowiada pomiarom do chwili schłodzenia wzorca do temperatury ok. 18°C , dolna parabola (linia ciągła) – pomiarom po rozpoczęciu jego ogrzewania od temperatury ok. 18°C .
Fig. 1. The measurement results of the relative frequency deviation (M parameter) of internal time-base of a traveling standard depending on temperature. The upper curve (dashed line) corresponds to the measurement made while cooling the standard to the temperature around 18°C , lower curve (continuous line) – to measurements made while heating from the temperature of around 18°C .

3. Porównanie z 2011r.

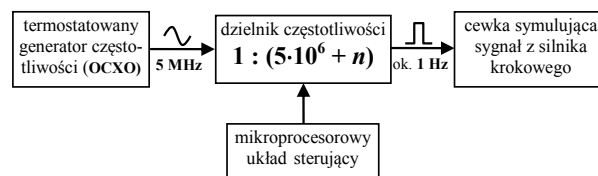
Na potrzeby porównania z 2011 r. [7] zbudowano nowy wzorzec przenośny: generator częstotliwości wyposażony w mikroprocesorowy symulator sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego, typu SST01, o numerze fabrycznym 01101 (rys. 2).



Rys. 2. Generator z mikroprocesorowym symulatorem sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego
Fig. 2. Generator with the microprocessor signal simulator of the electronic watch stepper motor

Nowy wzorzec oparto na termostatyzowanym generatorze kwarcowym (OCXO) o sygnale wyjściowym 5 MHz z niewielką zależnością o.w.cz. od zmian temperatury zewnętrznej w warunkach laboratoryjnych (obserwowany zakres zmian o.w.cz.: ok. $2 \cdot 10^{-8}$ Hz/Hz). Z generatora wyprowadzono trzy mikroprocesorowo sterowane sygnały symulujące pracę silnika krokowego zegara elektronicznego odstrojone od częstotliwości 1 Hz (okresu 1 s) w zakresie ± 1 s/d (odstrojenie wyrażone w s/d odpowiada względnemu przyrostowi błędu wskazania zegara czy sekundomierza). Schemat ideowy układu symulacji sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego został przedstawiony na rys. 3.

Wzorzec ten jest wyposażony w mikroprocesorowy symulator sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego odstrojone od częstotliwości 1 Hz (okresu 1 s) w zakresie ± 1 s/d (odstrojenie wyrażone w s/d odpowiada względnemu przyrostowi błędu wskazania zegara czy sekundomierza). Schemat ideowy układu symulacji sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego został przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Schemat ideowy układu symulacji sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego
Fig. 3. Scheme of the signal simulator system of the electronic watch stepper motor

Tryb generacji danej wartości odstrojenia potwierdzany jest poprzez zaświecenie się odpowiedniej diody oznaczonej na obudowie numerem 1, 2 lub 3. Po włączeniu, przyrząd automatycznie ustawia się na pierwszym symulowanym odstrojeniu. Przejście na symulację kolejnego odstrojenia uzyskuje się poprzez jednokrotne naciśnięcie przełącznika SET z przodu obudowy. Elementem symulującym jest cewka, która generuje sygnał impulsowy o parametrach zbliżonych do parametrów sygnału silnika krokowego. Z tyłu obudowy umieszczone jest dodatkowe wyjście BNC, na którym dostępny jest sygnał o częstotliwości ok. 5 MHz. W celu ustabilizowania parametrów metrologicznych generowanych sygnałów, wzorzec wymaga ok. 2 h wstępnego nagrzewania. Sterowanie wewnętrzne urządzeniem oraz układ symulatora sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego wykonano w GUM.

Żądaną wartość odstrojenia sygnału 1 Hz od wartości nominalnej uzyskuje się poprzez podzielenie sygnału 5 MHz przez $5 \cdot 10^6$ z pominięciem lub dodaniem n okresów. Wówczas uzyskuje się sygnał 1 Hz odstrojony o $n/(5 \cdot 10^6) \cdot 86400$ s/d od wartości nominalnej, gdzie n – liczba pominiętych lub dodanych okresów.

Na potrzeby porównania wybrano następujące odstrojenia:

- dla pierwszego symulowanego odstrojenia:

$$(-0,174 \pm 0,012) \text{ s/d } (n = 10), \quad (1)$$

- dla drugiego symulowanego odstrojenia:

$$(0,120 \pm 0,012) \text{ s/d } (n = -7) \quad (2)$$

- dla trzeciego symulowanego odstrojenia:

$$(0,327 \pm 0,012) \text{ s/d } (n = -19). \quad (3)$$

W powyższych wartościach niepewności uwzględniono udział chronokomparatora, użytego do weryfikacji uzyskanych wartości odstrojeń, oraz zakładaną maksymalnie 3-krotnie większą niż obserwowaną w GUM niestabilność generatora ($6 \cdot 10^{-8}$ Hz/Hz).

Pomiary w laboratoriach biorących udział w porównaniu, były wykonywane zgodnie z procedurą pomiarową stosowaną przez dane laboratoria przy wzorcowaniu sekundomierzy sterowanych ręcznie. Uczestnicy porównania wykonywali pomiary wartości każdego z trzech symulowanych odstrojeń za pomocą posiadanego przez dane laboratorium chronokomparatora. Pomiary były przeprowadzane po 2 godzinach nagrzewania wzorca przenośnego.

W celu zapewnienia kontroli o.w.cz. wzorca przenośnego, pomiary w GUM zostały wykonane na początku, w środku i na końcu porównania. Nie stwierdzono wahań o.w.cz. wzorca przenośnego większych niż obserwowane w GUM przed rozpoczęciem porównania, w związku z czym przyjęto, że wzorzec przenośny zachowywał swoje parametry podczas całego porównania.

Dodatkowo, w oparciu o wstępną analizę wpływających od uczestników porównania do GUM wyników pomiarów i przedstawiane w załączeniu budżety niepewności, zwrócono uwagę, że nie wszystkie laboratoria uwzględniają możliwość asymetrii wahań błędu zera chronokomparatora w czasie pracy w stosunku do wartości podanej w świadectwie wzorcowania po okresie wstępnego nagrzewania (szczegóły przedstawione są w kolejnym rozdziale). W związku z powyższym informowano o tym indywidualnie uczestników porównania i po zakończeniu części pomiarowej poproszono formalnie o powtórne przeliczenie wyników porównania przez te laboratoria, które w międzyczasie stosownie zaktualizowały swoje procedury/instrukcje szacowania niepewności wyniku pomiaru.

4. Analiza wyników porównania z 2011r.

Wyniki uzyskane przez uczestników porównania dla wybranego odstrojenia przedstawiono w tabeli 1. W kolumnie oznaczonej *przed korektą* zamieszczono wyniki pomiarów uzyskane jako pierwsze przez laboratoria biorące udział w porównaniu, w kolumnie oznaczonej *po korekcie* – wyniki z powtórnie przeliczonymi wartościami niepewności przez niektóre laboratoria, stosownie do zaktualizowanych procedur/instrukcji szacowania niepewności wyniku pomiaru, a w kolumnie oznaczonej *wg CMC* – wyniki pomiarów uwzględniające deklarowane przez laboratoria zdolności pomiarowe CMC.

Tab. 1. Przykładowe wyniki uzyskane przez uczestników porównania z 2011 r..

Tab. 1. Exemplary results obtained by participants of the comparison in 2011.

Laboratorium	Symulowane odstrojenie nr 2, s/d		
	<i>przed korektą</i>	<i>po korekcie</i>	<i>wg CMC</i>
LAB 1	0,088 ± 0,030	0,088 ± 0,055	0,088 ± 0,055
LAB 2	0,14 ± 0,06	-	0,14 ± 0,06
LAB 3	0,110 ± 0,016	0,110 ± 0,026	0,110 ± 0,026
LAB 4	0,138 ± 0,016	0,138 ± 0,022	0,138 ± 0,022
LAB 5	0,143 ± 0,031	0,143 ± 0,058	0,143 ± 0,069
LAB 6	0,110 ± 0,014	0,110 ± 0,016	0,110 ± 0,026
LAB 7	0,096 ± 0,019	-	0,096 ± 0,024
LAB 8	0,115 ± 0,021	0,115 ± 0,024	0,115 ± 0,024
LAB 9	0,116 ± 0,016	0,116 ± 0,016	0,116 ± 0,016

Z perspektywy podstawowego celu przeprowadzania porównania, czyli potwierdzenia kompetencji pomiarowych labororium w zakresie deklarowanych zdolności pomiarowych CMC, najistotniejsze są wyniki przedstawione w kolumnie *wg CMC*. Natomiast, z perspektywy rozwoju metod pomiarowych i rozumienia procesu realizacji pomiaru, istotna jest analiza wyników przedstawionych w dwu pozostałych kolumnach.

Do oceny wyników porównania zastosowano współczynniki równoważności E_i wyliczanych za pomocą wzoru:

$$E_i = \frac{M_i - M_{ref}}{\sqrt{U^2_{M_i} + U^2_{ref}}}, \quad (4)$$

gdzie indeks dolny i przy opisywanej wielkości oznacza, że wielkość dotyczy danego uczestnika porównania, a indeks dolny ref przy opisywanej wielkości oznacza, że wielkość dotyczy wartości odniesienia wyznaczonej przez laboratorium GUM. Gdy współczynnik równoważności spełnia zależność $|E_i| \leq 1$, wówczas wyniki pomiarów są uznane za równoważne (zweryfikowane pozytywnie).

Wyniki obliczeń współczynnika równoważności dla prezentowanych w tabeli 1 przykładowych wyników pomiaru przedstawiono w tabeli 2, Czcionką pogrubioną zaznaczono wartości $|E_i| \geq 0,5$.

Na podstawie wyliczonych wartości współczynników równoważności dla wyników w kolumnie *przed korektą* (tab. 2) można zauważyć, że aż w 6 na 9 przypadkach moduł $|E_i| \geq 0,5$. Główną tego przyczyną jest najprawdopodobniej rozbieżność pomiędzy wartością błędu zera chronokomparatora wziętą do obliczeń (ze świadectwa wzorcowania chronokomparatora – wyznaczona zwykle po 5 min nagrzewania) a faktyczną wartością błędu zera chronokomparatora w chwili wykonywania pomiarów (wzorzec przenośny wymagał 2 h nagrzewania). Znamienne jest, że LAB 9, które jako jedyne użyło chronokomparatora ze znanymi parametrami metrologicznymi po 20 min nagrzewania, uzyskało dla wszystkich swoich wyników pomiaru wartości modułu współczynnika równoważności $|E_i| \leq 0,250$ ($|E_i| = 0,100, 0,200$ i $0,250$).

Tab. 2. Przykładowe wartości modułów współczynników E_i (dla wyników pomiarów przedstawionych w tab. 1)

Tab. 2. Exemplary absolute values of the coefficients E_i (for measurement results presented in Tab. 1)

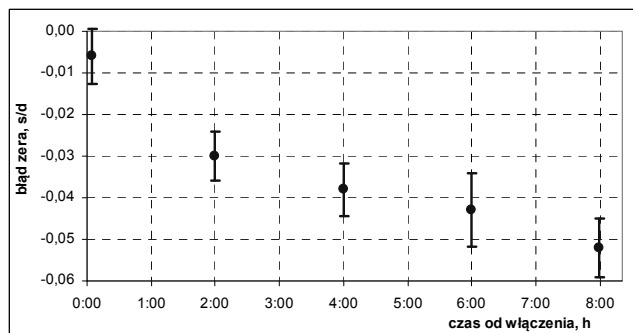
Laboratorium	$ E_i $ dla drugiego symulowanego odstrojenia		
	<i>przed korektą</i>	<i>po korekcie</i>	<i>wg CMC</i>
LAB 1	0,990	0,568	0,568
LAB 2	0,327	-	0,327
LAB 3	0,500	0,349	0,349
LAB 4	0,900	0,718	0,718
LAB 5	0,692	0,388	0,328
LAB 6	0,542	0,500	0,349
LAB 7	1,068	-	0,894
LAB 8	0,207	0,186	0,186
LAB 9	0,200	0,200	0,200

Ponadto, w wyniku przeprowadzenia analizy przesłanych wraz z wynikami pomiarów budżetów niepewności stwierdzono, że początkowo niektóre laboratoria zbyt optymistycznie zakładały symetryczny rozkład estymaty zakresu zmian błędu zera chronokomparatora wokół wartości błędu zera bezpośrednio po okresie nagrzewania (podawanego w świadectwie wzorcowania chronokomparatora), i nie uwzględniały mniej korzystnego przypadku, gdy wartość błędu zera po okresie nagrzewania znajduje się w dolnej lub górnej granicy zmienności. Analizując następnie przebiegi czasowe zmiany wartości błędu zera od czasu włączenia wszystkich chronokomparatorów używanych w porównaniu, okazało się, że chociaż okres 5 min od czasu włączenia jest wystarczający do wzorcowania stoperów, ale zwykle po tym czasie błąd zera jest właśnie na granicy zmienności (rys. 4).

W efekcie merytorycznie poprawniejsze jest przyjęcie składnika niepewności estymaty związanej z zakresem zmian błędu zera chronokomparatora (ΔM) w postaci:

$$u = \Delta M / \sqrt{3}, \quad (5)$$

czyli typowo dwukrotne zwiększenie tego składnika – zmniejsza to ryzyko niedoszacowania niepewności wyniku pomiaru i sprawia, że przyjmowana jest bardziej realistyczna jej wartość.



Rys. 4. Przykładowe wyniki pomiarów błędów zera chronokomparatora w zależności od czasu od włączenia

Fig. 4. Exemplary measurement results of the zero error of the clock tester depending on the time after switching on

W efekcie merytorycznie poprawniejsze jest przyjęcie składnika niepewności estymaty związanej z zakresem zmian błędów zera chronokomparatora (ΔM) w postaci:

$$u = \Delta M / \sqrt{3}, \quad (5)$$

czyli typowo dwukrotne zwiększenie tego składnika – zmniejsza to ryzyko niedoszacowania niepewności wyniku pomiaru i sprawia, że przyjmowana jest bardziej realistyczna jej wartość.

W związku z powyższym, niektóre laboratoria po przeprowadzeniu pomiarów zweryfikowały w tym zakresie swoje procedury/instrukcje szacowania niepewności wyniku pomiaru i przeliczyły ponownie niepewności wyników pomiarów (tab. 1 i 2: kolumny po korekcie). Po takim przeliczeniu niepewności, w większości przypadków moduł współczynnika $|E_i|$ się zmniejszył, choć nadal dla części wyników pozostał $|E_i| \geq 0,5$, gdyż korekta sposobu szacowania niepewności nie usuwa wspomnianej już naturalnej rozbieżności pomiędzy wartością błędów zera chronokomparatora wziętą do obliczeń a faktyczną wartością błędów zera chronokomparatora w chwili pomiarów. Nadmierne komplikowanie procedur pomiarowych w kierunku redukcji wartości tej rozbieżności, biorąc pod uwagę niewielką dokładność wzorcowanych za pomocą chronokomparatora przyrządów, jest w tym przypadku niecelowe. Można jednak wydłużyć okres wstępnego wygrzewania chronokomparatora, np. z 5 min do 1 h, co już powinno przynieść pożądany skutek.

Dodatkowo, głównie w celu wyjaśnienia przyczyny wystąpienia pojedynczego wyniku pomiaru, dla którego moduł współczynnika $|E_i| > 1$ (tab. 2), przeanalizowano bliżej cząstkowe pomiary wykonywane za pomocą chronokomparatorów podczas porównania. W 16 przypadkach na 27 (po 3 mierzone sygnały w 9 laboratoriach) stwierdzono wahania wartości wyniku pomiaru w pojedynczej serii pomiarowej w obrębie 3 lub więcej kolejnych wskazań, co oznaczało, że czujnik chronokomparatora odbierał sygnał zakłócony. W tego typu przypadkach laboratoria powinny odpowiednio dopasować warunki pomiaru, np. korygując ustawienie cewki symulującej sygnał z silnika krokowego zegara względem czujnika chronokomparatora, czy tak dobrać moment pomiaru, aby nie było zakłóceń zewnętrznych (chronokomparator i wzorzec przenośny podczas pomiarów należy w miarę możliwości ustawić z dala od innych pracujących urządzeń elektrycznych oraz z dala od źródeł drgań i hałasów), i tak aby wynik pomiaru był stabilny, tzn. wahał się w zakresie co najwyżej dwu kolejnych wskazań. Laboratorium, które uzyskało wstępny wynik pomiaru ze współczynnikiem $|E_i| > 1$, potwierdziło, że w dniu wykonywania pomia-

rów trwały w budynku prace remontowe, generujące hałas i silne zakłócenia w sieci elektrycznej.

Biorąc pod uwagę moduły wartości współczynników równoważności (tab. 2, kolumna wg CMC) obliczone dla wyników pomiaru uwzględniających deklarowane przez laboratoria zdolności pomiarowe CMC, wszystkie laboratoria uzyskały wynik pozytywny w porównaniu ($|E_i| < 1$).

5. Podsumowanie

Porównanie z 2011 r. potwierdziło deklarowane zdolności pomiarowe we wszystkich laboratoriach biorących udział w porównaniu w zakresie przyjętych wartości CMC. Dodatkowo dzięki temu porównaniu zwrócono uwagę na charakterystykę pracy chronokomparatorów, co przełożyło się na poprawę szacowania niepewności wyników pomiaru a także na poprawę wiarygodności wykonywanych pomiarów. Prawdopodobnie ulegnie też zmianie sposób przedstawiania błędów zera na świadectwach wzorcowania chronokomparatorów, gdzie obok wartości po 5 min, będzie też podawana wartość po godzinie, lub po dwóch godzinach od momentu włączenia (przynajmniej na potrzeby następnego porównania z tego typu wzorcem przenośnym). Istotne jest również kontrolowanie jakości sprzężenia pomiędzy czujnikiem chronokomparatora a mierzonym sygnałem, aby uniknąć pomiaru z sygnałem zakłóconym.

W Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM na potrzeby następnego porównania trwają prace zmierzające do ulepszenia termostowanego generatora częstotliwości wyposażonego w mikroprocesorowy symulator sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego i dodatkowego zastosowania w nim symulacji sygnału z generatora kwarcowego zegarka elektronicznego. Rozszerzenie zakresu symulowanego sygnału na obszar w pobliżu 32,768 kHz (typowy generator kwarcowy zegarka elektronicznego ma nominalną częstotliwość: 32,768 kHz = 2^{15} Hz) powinno zdecydowanie zmniejszyć wrażliwość symulatora na zewnętrzne czynniki zakłócające.

6. Literatura

- [1] PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [2] ILAC P9:11/2010 Polityka ILAC dotycząca uczestnictwa w badaniach biegłości.
- [3] Czubla A., Konopka J., Nawrocki J.: Realization of Atomic SI Second Definition in the Context of UTC(PL) and TA(PL), Metrology and Measurement Systems, Vol XIII, No 2/2006, s. 149-159.
- [4] Czubla A., Konopka J.: Atomowe skale czasu w porównaniach atomowych wzorców czasu i częstotliwości, Pomiary Automatyka Kontrola, nr 07/08, 2006, s.06-08.
- [5] Raport z międzylaboratoryjnych porównań wzorca czasu i częstotliwości. Porównanie M45-2 (sekundomierz elektroniczny HS-1000), Główny Urząd Miar, Warszawa, 2007.
- [6] Raport z międzylaboratoryjnych porównań wzorca czasu i częstotliwości. Porównanie M44-TF.2-II (sekundomierz elektroniczny HS-1000), Główny Urząd Miar, Warszawa, 2011.
- [7] Raport z międzylaboratoryjnych porównań wzorca czasu i częstotliwości. Porównanie M44-TF.1a-I (termostatowany generator częstotliwości wyposażony w mikroprocesorowy symulator sygnału z silnika krokowego zegara elektronicznego, typu SST01), Główny Urząd Miar, Warszawa, 2012.

otrzymano / received: 05.10.2012

przyjęto do druku / accepted: 03.06.2013

artykuł recenzowany / revised paper