

JAN WIKTOR WASILEWSKI

BADANIE STOPNIA ZGODNOŚCI POPRAWEK SKALI UZYSKIWANYCH Z KOMPARACJI TERENOWYCH I POMIARÓW CZĘSTOTLIWOŚCI

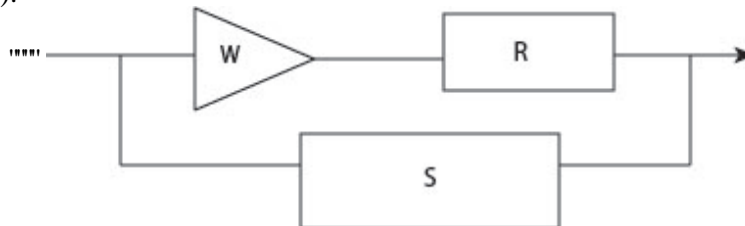
Opracowano w ramach projektu badawczego Nr 9 T12E 004 13 dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1997–1998

ZARYS TREŚCI: Przedstawiono wpływ poprawności działania generatora wzorcowego dalmierza na uzyskiwaną dokładność wyników pomiaru odległości – błąd skali.

Sercem każdego dalmierza elektromagnetycznego jest generator częstotliwości wzorcowej wytwarzający częstotliwości służące do pomiaru odległości. Podstawowym warunkiem poprawnego działania takiego generatora jest wysoki stopień stabilności częstotliwości wytwarzanych w nim drgań elektrycznych. Stopień ten wyrażony jest zwykle przez stosunek zmiany Δf_w generowanej częstotliwości wzorcowej w rozpatrywanym okresie czasu do jej wartości nominalnej f_w .

$$\delta f = \frac{\Delta f_w}{f_w} \quad (1)$$

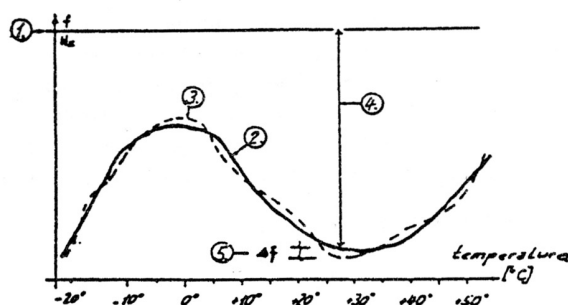
Generatory kwarcowe pozwalają na uzyskiwanie dużych stabilności w zakresie częstotliwości do 100 MHz. Generator taki w zasadzie jest wzmacniaczem z układem rezonatora i pewnym sprzężeniem zwrotnym (rys. 1).



Rys.1

Stabilność działania takiego układu zależy od jakości użytego kwarcu. Jakość i odporność na zmiany temperatury zależą od kąta cięcia kwarcu w stosunku do osi kryształu. W kwarcach stosowanych w dalmierzach stosuje się powszechnie cięcie AT cechujące się małym współczynnikiem temperaturowym.

Stabilność generatorów kwarcowych stosowanych w dalmierzach rzędu $1-3 \times 10^{-6}$ jest uzyskiwana dzięki zastosowaniu kompensacji temperaturowej elementów generatora. W celu uzyskania wyższych stabilności generator umieszczano w komorach termostatycznych, co wymagało zwiększonego zużycia energii zasilania i dochodził jeszcze czas oczekiwania na gotowość do pomiaru. Najnowsze rozwiązania konstrukcyjne poszły w zupełnie innym kierunku. W dalmierzach o najwyższych dokładnościach pomiaru np. firmy Leica DI 2000, DI 1001, DI 2002, DI 1600 oraz w dalmierzu impulsowym DI 3000 jest stosowany system automatycznej korekcji częstotliwości generatora wzorcowego zależnie od zmian temperatury stale mierzonej przez wewnętrzny układ pomiaru temperatury w dalmierzu. Wynik pomiaru jest przekazywany do komputera dalmierza, który odpowiednio do zmian temperatury koryguje wartość częstotliwości w pełnym zakresie pracy dalmierza. W pamięci stałej tego komputera jest wpisana wartość wielomianu zmian częstotliwości w funkcji zmian temperatury. Dane te są indywidualnie mierzone i wpisywane do pamięci każdego dalmierza.



Rys. 2

1. Wartość nominalna częstotliwości wzorcowej – f_{mw}
2. Częstotliwość wyświetlana poprzez INFO – f_{INFO}
3. Wartość rzeczywista częstotliwości użytej do pomiaru odległości – f_{rzecz}
4. Poprawka częstotliwości wzięta do obliczeń komputera dalmierza – $f_{mw} - f_{INFO}$
5. $\Delta f = f_{INFO} - f_{rzecz} \leq 1 \text{ ppm}$

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg zmian częstotliwości wzorcowej dalmierza precyzyjnego w funkcji zmian temperatury. Obserwuje się tu pewną rozbieżność pomiędzy wartościami częstotliwości korygowanymi automatycznie, a wartościami rzeczywistymi częstotliwości wzorcowej. W celu wyeliminowania tych rozbieżności w naszych pracach, np. w pomiarach bazowych czy w precyzyjnych pomiarach długości, wykonujemy dodatkowo pomiar częstotliwości wzorcowej metodą bezinwazyjną podczas pomiaru w terenie. Pomiar ten daje nam wartość rzeczywistą częstotliwości wzorcowej dalmierza i , co jest bardzo ważne – wartość uzyskaną w warunkach atmosferycznych takich jak podczas pomiaru odległości, co umożliwia wprowadzenie poprawki do zmierzonej odległości wg rysunku 2 (wart. 4).

$$D_{popr.} = D_{pomierz.} \left(1 + \frac{\Delta f}{f_{INFO}} \right) \quad (2)$$

Mimo stałych ulepszeń konstrukcyjnych każdy generator wzorcowy wraz z upływem czasu zmienia swoją częstotliwość w stosunku do wartości nominalnej. Zmiany te są wynikiem tzw. efektu starzenia się kwarcu i elementów elektronicznych generatora. Dryft częstotliwości z reguły występuje w kierunku podwyższenia jej wartości, w początkowym okresie szybszy, następnie w ciągu kilku lat zmniejsza się, ale stale występuje. Zmiany częstotliwości wzorcowej dalmierza objawiają się podczas wykonywania pomiarów wystąpieniem tzw. błędu skali. Jest to błąd wyniku pomiaru proporcjonalny do mierzonej odległości wyrażający się zależnością:

$$kf = \frac{\Delta f}{f_{nw}} 10^6 \left[\frac{mm}{km} \right] \quad (3)$$

gdzie: f_{nw} – wartość nominalna częstotliwości wzorcowej,

$$\Delta f = f_{nw} - f_{rzecz},$$

f_{rzecz} – wartość rzeczywista częstotliwości wzorcowej, wynik pomiaru sondą częstotliwości.

Zależność ta służy do wyznaczenia błędu skali dalmierza metodą laboratoryjną. Częstotliwość wzorcowa dalmierza jest mierzona za pomocą sondy częstotliwości zbudowanej w IGiK [1]. Jeżeli nie dysponuje się tym urządzeniem, błąd skali dalmierza można wyznaczyć metodą pomiarów terenowych np. w trakcie badań i pomiarów komparacyjnych. Wykonuje się wtedy wiele pomiarów długości odcinków wzorcowych o różnych długościach. Analiza wyników pomiaru w porównaniu z długościami wzorcowymi daje wielkość błędu skali. Wyznaczenie błędu skali i następnie uwzględnienie go podczas pomiaru gwarantuje poprawne wyniki.

W niektórych typach dalmierzy, np. DI 1000, DI 3000, można wartość tego błędu wprowadzić do pamięci stałej dalmierza. Wtedy dalmierz koryguje swoje wyniki automatycznie.

W tabeli 1 zestawiono dla przykładu kilka wyników badań dalmierzy DI3002 i DI1000.

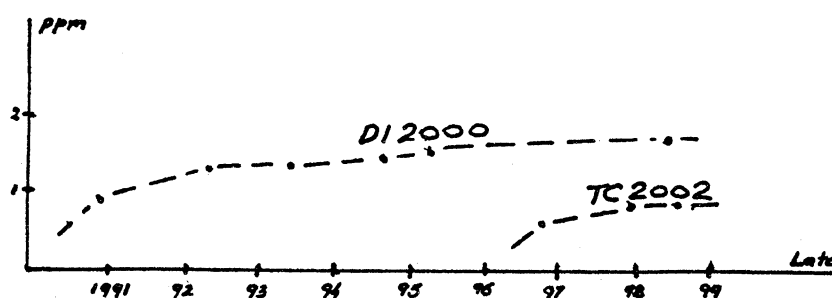
Jak widać, istnieje duża zgodność pomiędzy wartościami poprawek skali wyznaczonymi metodami terenowymi i metodą laboratoryjną. Należy przy tym stwierdzić, że wyznaczanie błędu skali metodą terenową jest mniej pewne niż wyznaczanie metodą laboratoryjną, gdyż pomiary terenowe są obciążone jeszcze błędami określenia warunków atmosferycznych. Zaistnienie błędu skali wpływa na zwiększenie wartości drugiego członu błędu standardowego, co wiąże się z obniżeniem klasy dokładności dalmierza. Istnieje możliwość podtrzymywania tej samej klasy dokładności instrumentu, gdy przestrzega się zasady okresowej kontroli komparacyjnej podczas której jest równocześnie określany błąd skali; gdy jego wielkość jest znacząca, jest on podawany w dokumencie komparacji lub gdy to jest możliwe – wprowadzany do pamięci stałej instrumentu.

Tab. 1 Wyniki badań częstotliwości wzorcowych dalmierzy DI 3000 i DI 1000

Lp.	Dalmierz	Nr fabr.	Wartość nominalna częstotliwości wzorcowej dalmierza [Hz]	Wartość rzeczywista częstotliwości pomiarowej [Hz]	Błąd skali wyznaczony laboratoryjnie [ppm]	Błąd skali wyznaczony podczas komparacji [ppm]	Uwagi
1	Dior 3002	71658	15000085	14999926	11	12	do pamięci stałej instrumentu wprowadzono poprawki kompensujące błąd skali wyznaczony laboratoryjnie
2	DI 1000	72681	7492700	7492715	-2	0	
3	DI 1000	70972	7492700	7492628	10	8	
4	DI 1000	70777	7492700	7492739	-5	-3	
5	DI 1000	62300	7492700	7492755	-7	-6	
6	DI 1000	70778	7492700	7492715	-2	-1	
7	DI 1000	72716	7492700	7492698	0	0	
8	DI 1000	60156	7492700	7492700	0	0	
9	DI 1000	66600	7492700	7492697	0	-1	
10	DI 1000	71738	7492700	7492618	11	8	
11	DI 1000	72700	7492700	7492699	0	-1	
12	DI 1000	63459	7492700	7492661	5	3	
13	DI 1000	60113	7492700	7492725	-3	-3	
14	DI 1000	72701	7492700	7492670	4	3	
15	DI 1000	70778	7492700	7492708	-1	0	
16	DI 1000	72203	7492700	7492691	1	0	
17	DI 1000	71988	7492700	7492670	4	2	
18	DI 1000	72242	7492700	7492655	6	3	
19	DI 1000	72695	7492700	7492722	-3	-2	
20	DI 1000	70424	7492700	7492706	-1	0	
21	DI 1000	60087	7492700	7492684	2	0	

W tabeli 2 zestawiono wyniki badań częstotliwości pomiarowych dalmierzy DI 2000 oraz TC 2002 LEICA będących własnością Zakładu Geodezji IGiK i służących do pomiaru i następnie do okresowych kontroli wzorców długości: Krajowej Bazy Długości w Warszawie i wszystkich regionalnych baz długości położonych na terenie całego kraju. Kontrole częstotliwości wzorcowych są wykonywane przed pomiarem w laboratorium i w terenie podczas pomiaru tych baz, każdorazowo na podstawie Krajowego Wzorca Częstotliwości.

Wyniki badań częstotliwości wzorcowych dalmierzy bazowych DI 2000, TC 2002 potwierdzają teorię efektu starzenia się układów generacyjnych. Na rysunku 3 przedstawiono to w formie graficznej. Widać tu początkowy silny wzrost odchyłki częstotliwości w pierwszym okresie eksploatacji, następnie zmiany te maleją. Chcąc jednak stale utrzymywać pełną dokładność pomiarową tych instrumentów bazowych, musimy stale pamiętać o okresowych kontrolach częstotliwości, oraz kontroli stanu technicznego całego instrumentu.



Rys. 3

Tab. 2 Wyniki badań zmienności w czasie częstotliwości wzorcowych dalmierzy bazowych IGiK

Lp.	Data pomiaru	Typ instrumentu	Różnica częstotliwości wzorcowej w stosunku do jej wartości nominalnej [ppm]	Uwagi
1	8.04.1991	DI 2000	0,944	wyniki pomiarów Krajowej Bazy Długości Regionalnych Baz Długości były każdorazowo na bieżąco korygowane zgodnie z aktualną różnicą częstotliwości
2	9.09.1991		1,193	
3	10.03.1992		1,146	
4	4.05.1993		1,213	
5	21.08.1994		1,294	
6	13.10.1994		1,263	
7	20.03.1995		1,348	
8	27.06.1995		1,416	
9	3.08.1998		1,466	
10	16.07.1996	TC 2002	0,640	wyniki pomiarów Krajowej Bazy Długości Regionalnych Baz Długości były każdorazowo na bieżąco korygowane zgodnie z aktualną różnicą częstotliwości
11	16.09.1996		0,668	
12	17.09.1996		0,663	
13	20.05.1997		0,750	
14	13.06.1997		0,725	
15	20.10.1997		0,794	
16	24.10.1997		0,785	
17	17.04.1998		0,809	
18	12.05.1998		0,796	
19	3.08.1998		0,866	

LITERATURA:

- [1] Wasilewski J.W.: *Sonda częstotliwości*. Geodezja i Kartografia 1996 T. 45, z. 2 s. 75–90.

JAN WIKTOR WASILEWSKI

EXAMINATION OF COMPATIBILITY OF SCALE CORRECTIONS
OBTAINED FROM FIELD CALIBRATIONS AND FREQUENCY
MEASUREMENTS

S u m m a r y

Author presents impact of changes of frequency standard of electronic distance meter on results of distance measurements. Methods of elimination of so-called scale error from measurement results are presented, as well as recommendations, how to keep class of accuracy of instrument, are given in the article.

Translation: Zbigniew Bochenek

ЯН ВИКТОР ВАСИЛЕВСКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПОПРАВОК
ШКАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОЛЕВОГО КОМПАРИРОВАНИЯ
И ИЗМЕРЕНИЙ ЧАСТОТЫ

Р е з ю м е

Предметом работы является представление влияния изменений эталонной частоты дальномера на результаты измерения расстояния. Представлены методы исключения из результатов измерений, так называемой, ошибки шкалы, даны также рекомендации, как сохранить класс точности инструмента.

Перевод: Роза Толстикова

