

Badania dalmierza CA 1000 firmy Tellurometr

1. Wstęp

W ciągu ostatnich kilku lat nastąpił ogromny rozwój w dziedzinie elektromagnetycznych pomiarów odległości. W grupie dalmierzy mikrofalowych do najnowocześniejszych należy Tellurometr CA 1000 skonstruowany w roku 1972, który wyróżnia się szeregiem nowych rozwiązań konstrukcyjnych i zaletami eksploatacyjnymi [1]. Zasada pracy tego dalmierza podobna jest w ogólnym zarysie do wcześniej znanych dalmierzy mikrofalowych, takich jak np. MRA 3, RG 10 itp. Dalmierz CA 1000 pracuje na fali o częstotliwości nośnej w zakresie fal centymetrowych (pasmo X) z możliwością jej przestrajania od 10,10 GHz do 10,45 GHz, modulowanej częstotliwościami wzorcowymi zawartymi między 19 i 25 MHz. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych elementów, takich jak układy scalone, specjalne diody, oraz dzięki nowym rozwiązaniom konstrukcyjnym i zastosowaniu automatyki, znacznie zmniejszono wymiary dalmierza ($30,5 \times 14,5 \times 7,6$ cm), jego ciężar do 1,7 kg (z baterią akumulatorów wewnętrznych 3,9 kg) oraz poważnie zmniejszono pobór mocy, a także skrócono czas pomiaru.

Instytut Geodezji i Kartografii w ramach współpracy z PPGK przeprowadził badania dalmierza CA 1000 przed wprowadzeniem go do prac polowych. Z uwagi na plany produkcyjne przedsiębiorstwa, zakres badań musiał być znacznie ograniczony. Otrzymane materiały z pomiarów doświadczalnych pozwoliły na wyciągnięcie wniosków przedstawionych w niniejszym opracowaniu. Zakłada się przy tym, że czytelnikowi znane są ogólne zasady działania dalmierzy mikrofalowych i ich obsługi.

2. Najważniejsze innowacje konstrukcyjne dalmierza CA 1000

Do najważniejszych nowości konstrukcyjnych można zaliczyć:

- 1) użycie jednego oscylatora kwarcowego dla uzyskania wszystkich częstotliwości modulacji (wzorcowych);
- 2) oscylator kwarcowy, niezależny w swej pracy od temperatury po-

wyżej 0°C i nie wymagający układu termoregulacyjnego w temperaturach dodatnich. Dla rozszerzenia zakresu pracy dalmierza na temperatury ujemne, instrument posiada grzejnik włączający się automatycznie za pomocą czujnika, w niskich temperaturach;

3) zastosowanie przestrajanej elektrycznie diody Gunna, jako źródła fali nośnej, w miejsce dotychczas stosowanego klistronu przestrajanego mechanicznie, co pozwoliło na znaczne uproszczenie konstrukcji układu mikrofalowego;

4) automatyczne śledzenie częstotliwości nośnej przez Stację Odzewową, w miejsce dotychczas stosowanego dostrajania Stacji Głównej do ustawionej przez obserwatora częstotliwości nośnej Stacji Odzewowej. W przypadku braku zestrojenia ze Stacją Główną, częstotliwość nośna w Stacji Odzewowej samoczynnie „dryfuje” w zakresie $10,2 \div 10,4$ GHz i kiedy osiągnie wartość o 13 MHz większą od częstotliwości nośnej Stacji Głównej, układ automatycznej regulacji częstotliwości (AFC) Stacji Odzewowej „łapie” i automatycznie utrzymuje dostrojenie [2];

5) wymienne anteny różkowe:

— różek standardowy z kątem rozwarcia wiązki około 20°, do pomiarów odległości od 50 m do 10 km,

— różek długi do pomiarów odległości od 10 km do 30 km, a nawet powyżej;

6) połączone sposoby, cyfrowy i analogowy pomiaru fazy z dokładnością odczytu $\pm (0,1 \div 0,2)$ najmniejszej działki fazomierza, co odpowiada $\pm (3 \div 6)$ mm;

7) bardzo mały pobór mocy (4,6 W). W stosunku do istniejących dalmierzy mikrofalowych (np. MRA 3, RG 10, Łucz) stanowi to zmniejszenie poboru mocy rzędu (80÷90%).

Większość dalmierzy mikrofalowych ma możliwość prostej zamiany funkcji stacji (za pomocą przełączenia — Stacja Główna lub Stacja Odzewowa). Takie dalmierze mogły współpracować w kompletach składających się z dowolnej liczby stacji i w dowolnych kombinacjach.

Stacje dalmierza CA 1000 są skonstruowane bez możliwości zmiany ich funkcji, tzn. są tylko Stacjami Głównymi lub tylko Stacjami Odzewowymi. W takim przypadku w komplecie musi być co najmniej jedna Stacja Główna (Pomiarowa) oraz dowolna liczba współpracujących z nią Stacji Odzewowych.

3. Walory eksploatacyjne dalmierza CA 1000

Na większą uwagę zasługują następujące innowacje i zalety związane z obsługą i techniką pomiaru:

1) Bardzo łatwe nawiązywanie łączności między współpracującymi stacjami dalmierza, dzięki zastosowaniu automatycznego śledzenia częstotliwości oraz stosunkowo dużego kąta rozwarcia rożka anteny.

2) Gotowość instrumentu do pracy bez nagrzewania nawet w warunkach ujemnych temperatur, co szczególnie w okresach zimowych bardzo skraca czas pomiaru odległości oraz zmniejsza zużycie energii akumulatorów w stosunku do dalmierzy MRA 3, RG 10 itp.

3) Ograniczenie obsługi Stacji Odzewowej do jednego obserwatora o niewysokich kwalifikacjach.

4) Możliwość stałego kontaktu fonicznego między współpracującymi stacjami również w czasie pomiaru, przez zastosowanie obustronnego kanału rozmownego (Duplex). W starszych typach Tellurometrów uzyskanie łączności radiowej było możliwe tylko po wyłączeniu funkcji pomiarowej przełącznikiem „Rozmowa — Pomiar”.

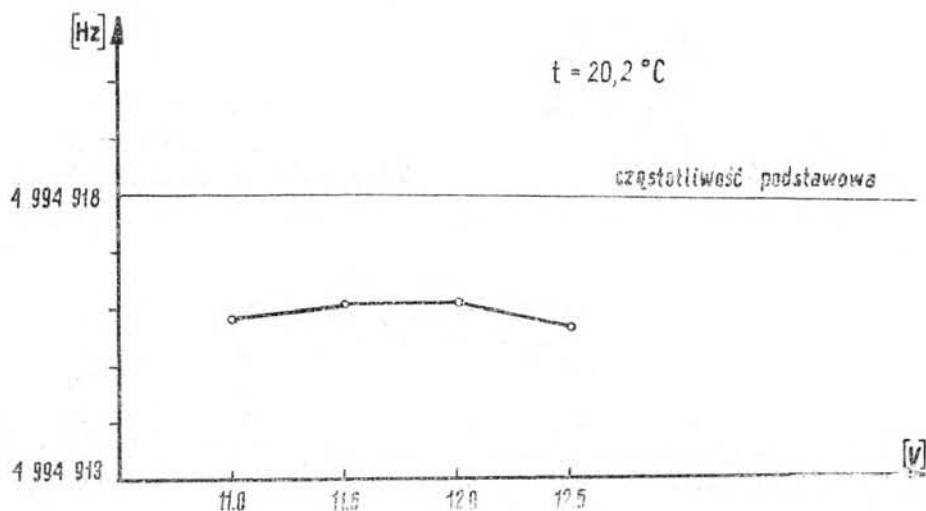
5) Znaczne uproszczenie cyklu pomiarowego. Ponieważ dokładność dalmierzy mikrofalowych ograniczona jest, między innymi, wpływem odbić od ziemi, w dotychczas konstruowanych dalmierzach mikrofalowych starano się zmniejszyć zakres tego wpływu przez zmianę częstotliwości nośnej. Prowadziło to do wykonywania szeregu odczytów w ustalonym zakresie przestrajania, a wartość średnia takiego cyklu była w dużym stopniu pozbawiona błędów z tytułu odbić. Cykl odczytów przedstawiony graficznie dawał krzywą, która obrazowała „swing” fali elektromagnetycznej. Natomiast fazonierz dalmierza CA 1000 jest skonstruowany w ten sposób, że na jego wskaźniku, podczas przestrajania częstotliwości nośnej można obserwować zmiany odczytu, co jest w pewnym sensie odpowiednikiem krzywej swingu. Dzięki temu istnieje możliwość bezpośredniego wizualnego wyboru średniej wartości swingu przy odpowiedniej częstotliwości nośnej, a w związku z tym ogranicza się szereg odczytów w zakresie przestrajania w zasadzie do jednego tylko odczytu.

6) Do określenia mierzonej długości linii konieczne jest odczytanie i zaprotokołowanie tylko jednej wartości odczytu dokładnego, czyli końcówki mierzonej odległości oraz czterech wartości odczytów zgrubnych. Wynika to z zastosowania w dalmierzu CA 1000 zerowania wskaźnika fazonierza przy częstotliwości R . Pozwoliło to na dalsze uproszczenie cyklu pomiarowego, ponieważ w większości dotychczas produkowanych dalmierzy mikrofalowych każdy odczyt (dokładny i zgrubny) wymagał zaprotokołowania dwóch wartości i obliczenia ich różnicy.

Uzyskany wynik pomiaru wymaga przemnożenia przez 3 oraz redukcji atmosferycznych i geodezyjnych.

4. Sprawdzenie częstotliwości wzorcowych

Ze względu na to, że częstotliwości wzorcowe, zawarte między 19 i 25 MHz, powstają w drodze syntezy z częstotliwości podstawowej pobieranej z 5 MHz generatora kwarcowego, szczególnie starannie należy sprawdzać ich stabilność. Stałość częstotliwości wzorcowych dalmierza została zbadana w laboratorium. W pierwszej kolejności sprawdzono, czy zmiana napięcia zasilającego w granicach od 11 V do 12,5 V nie ma wpływu na stabilność częstotliwości podstawowej 5 MHz. Na rysunku 1 podano średnie wartości kilku odczytów, przy zmianach napięcia zasilającego, pobranego z zasilacza stabilizowanego typu ZT 980-2.



Rys. 1

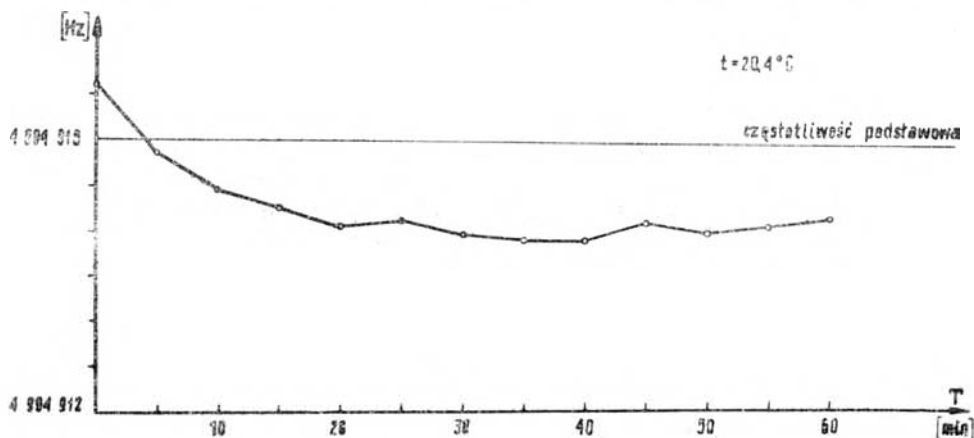
Jak wynika z wykresu, zmiany napięcia w podanych granicach nie powodują żadnych fluktuacji podstawowej częstotliwości wzorcowej.

Częstotliwość podstawowa oscylatora kwarcowego powinna wynosić 4 994 918 Hz [2]. Średni błąd podanych na wykresie wartości nie przekracza $\pm 0,4$ Hz.

Badanie stabilności częstotliwości przy długotrwałym włączeniu instrumentu zostało wykonane w ciągu 1 godz. przy notowaniu odczytów co 5 minut dla $t = \text{const}$. Badanie miało na celu wykazanie zakresu zmian częstotliwości dla analizy wpływu tych zmian na dokładność instrumentu.

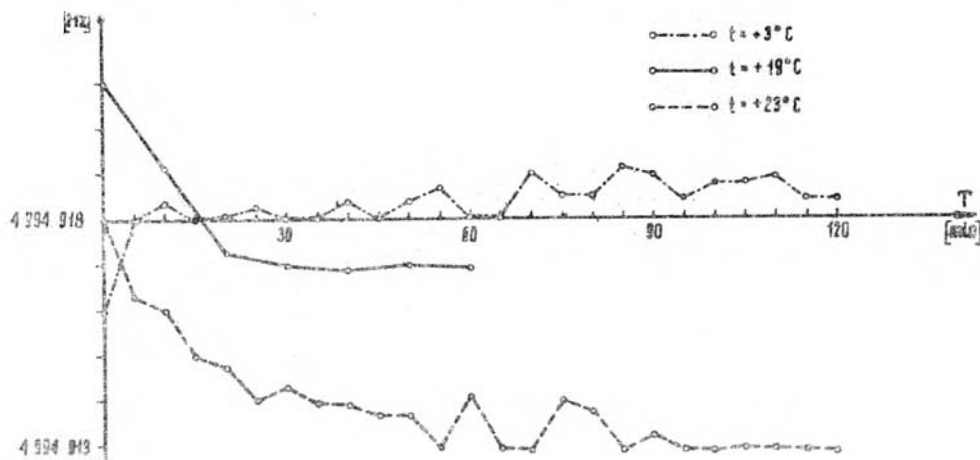
Rysunek 2 przedstawia zmianę częstotliwości oscylatora kwarcowego od chwili włączenia instrumentu w czasie 1 godz. Widzimy, że ustabilizowanie częstotliwości podstawowej następuje w czasie około 15 min., a jej

zmiana nie przekracza 3 Hz, co przy częstotliwości około 5 MHz daje zakres wpływu rzędu $0,6 \cdot 10^{-6}$. Stabilność częstotliwości w czasie potwierdza informacje producenta, że instrument nie wymaga nagrzewania, przy czym wniosek ten możemy potwierdzić tylko dla temperatur umiarkowanych.



Rys. 2

Powyższe wyniki pozostają w korelacji z wynikami podobnych i nieco szerszych badań przeprowadzonych w Instytucie Geodezji Uniwersytetu w Karlsruhe [3], które są przedstawione poniżej.



Rys. 3

Pomiary częstotliwości powielanych (syntezowanych) badanego kompletu dalmierza dały wyniki zamieszczone w tablicy 1.

Tablica 1

Częst.	Częstotliwości pomierzone		Częstotliwości wzorcowe (z instrukcji)		$f_{\text{wzorc.}} - f_{\text{pom.}}$	
	Stacja Główna	Stacja Odzewowa	Stacja Główna	Stacja odzewowa	SG	SO
<i>R</i>	24 974 595	24 973 600	24 974 590	24 973 590	-5	-10
<i>A</i>	24 974 594	24 975 600	24 974 590	24 975 590	-4	-10
<i>E</i>	19 979 673	19 978 674	19 979 672	19 978 672	-1	-2
<i>D</i>	24 475 102	24 474 106	24 475 098	24 474 098	-4	-8
<i>C</i>	24 924 645	24 923 648	24 924 640	24 923 640	-5	-8
<i>B</i>	24 969 598	24 968 602	24 969 595	24 968 595	-3	-7

Oczywiście, najbardziej zainteresowani jesteśmy częstotliwościami *R* i *A*, określającymi końcówkę mierzonej odległości. Maksymalna różnica 10 Hz przy częstotliwości około 25 MHz powoduje błąd odległości rzędu $0,4 \cdot 10^{-6}$.

Podany przez producenta wzór na błąd standardowy dalmierza CA 1000 przedstawia się następująco:

$$M_s = \pm(15 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot D) \text{ mm.}$$

Wartość $5 \cdot 10^{-6} D$, stanowiąca drugi człon tego wzoru, przewidziana jest na niedokładność określenia współczynnika refrakcji atmosfery wzdłuż mierzonej odległości oraz na wpływ niedokładności częstotliwości wzorcowej. Przy pomiarach mikrofalowych, dla wpływu błędów meteorologicznych przyjmuje się zazwyczaj wartość $3 \cdot 10^{-6} D$. Tak więc po oddzieleniu tej wartości od drugiego członu określającego wpływ błędów proporcjonalnych do odległości, pozostaje na niedokładność częstotliwości wzorcowej wartość $2 \cdot 10^{-6} D$, co przy 25 MHz pozwalałoby na jej „fluktuację” rzędu 50 Hz. Wydaje się, że jest to tolerancja w zupełności wystarczająca, ponieważ fluktuacja częstotliwości w badanym komplecie dalmierza CA 1000 nie powinna przekraczać wartości $\pm(1 \div 1,5) \cdot 10^{-6} D$.

Pomiary częstotliwości wzorcowych wykonywane były licznikiem ZOPAN PFL 16, o stabilności wzorca wewnętrznego $1 \cdot 10^{-8}$, który ponadto był porównywany z wzorcem radiowym o dokładności lepszej niż $1 \cdot 10^{-9}$.

5. Stała dodawania dalmierza

Z uwagi na brak pełnej dokumentacji z firmy Tellurometr dla badanego dalmierza CA 1000, przed wprowadzeniem go do dalszych pomiarów należało wyznaczyć stałą poprawkę dalmierza, tzw. stałą dodawania. Wy-

znaczono ją na podstawie kilkudniowych pomiarów na najdłuższych odcinkach Krajowego Wzorca Długości. Wykonano razem około 40 pomiarów, eliminując praktycznie wpływ błędów centrowania, przez centrowanie pionem optycznym lub mechanicznie, za pomocą specjalnych bolców. Podczas komparacji ponownie sprawdzano częstotliwości wzorcowe, które wykazały niezmienność w stosunku do uprzednich badań. Wartość wyznaczonej stałej dodawania wyniosła:

$$K = -0,018 \text{ m} \pm 0,004 \text{ m}.$$

Ze względu na krótki czas przeznaczony na badanie dalmierza CA 1000 nie można było zwiększyć liczby pomiarów wyznaczających stałą dodawania i tą drogą zmniejszyć jej błąd wyznaczenia. Uważa się, że błąd wyznaczenia stałej poprawki nie powinien przekraczać $(10 \div 30\%)$ wartości pierwszego członu wzoru na błąd standardowy [5]. Warunek ten został tutaj spełniony, należy więc sądzić, że uzyskana stała dalmierza jest wyznaczona w sposób prawidłowy. Potwierdziły to jeszcze pomiary na długich odcinkach wzorcowych Sieci Komparatora.

6. Pomiary na krótkich odcinkach wzorcowych

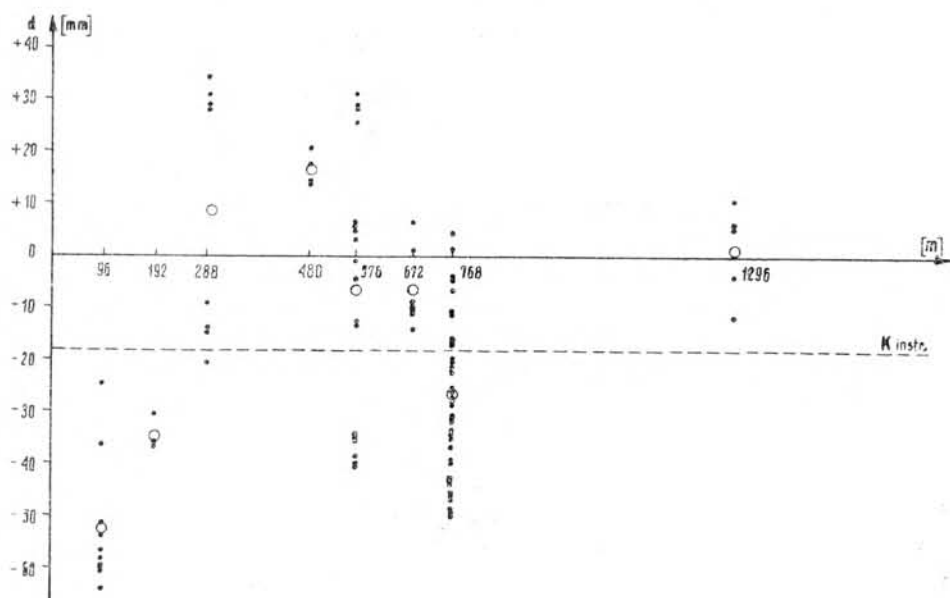
Sprawdzenie możliwości użycia dalmierza CA 1000 do pomiarów krótkich odległości przeprowadzono na Krajowym Wzorcu Długości, gdzie wykonano ponad 100 pomiarów na różnych odcinkach wzorcowych. Odcinki wzorcowe położone są na płaskim i odkrytym terenie, gdzie nie powinny wystąpić odbicia boczne. Położenie takie zapewnia dobrą przewiewność i jednolite warunki atmosferyczne wzdłuż całego wzorca. Przy zestrzajaniu obu stacji podczas pracy na krótkich odcinkach, należało zwracać uwagę, aby nie nastąpiło ono w paśmie bocznym.

Tablica 2

Lp.	Dług. wzor.	Metoda wyznaczania	$d = D_{\text{wzorc.}} - D_{\text{pom.}}$ (mm)	n	m_0 (mm)	$d' = d - K$
1	96	Druty inwarowe	-52	10	± 4	-34
2	192	"	-35	4	± 1	-17
3	288	"	+ 8	8	± 8	+26
4	480	"	+17	4	± 1	+35
5	576	"	- 7	18	± 6	+11
6	672	"	- 7	8	± 2	+11
7	768	"	-27	50	± 2	- 9
8	1296	Geodimetr 8	+ 2	5	± 4	+20

W tablicy 2 zestawiono średnie wartości różnic $d = D_w - D_p$. Są to różnice między długościami wzorcowymi i pomierzonymi w różnych dniach. Dalej podano ich średnie błędy m_0 i liczbę pojedynczych pomiarów n .

Natomiast w ostatniej kolumnie podano różnice $d' = d - K$, otrzymane po uwzględnieniu stałej dalmierza K , której wielkość obrazuje linia przerywana na rysunku 4. Rysunek 4 przedstawia pomiary zestawione w ta-



Rys. 4

blicy 2. Naniesione punkty obrazują pojedyncze różnice d_i między długością wzorcową odcinków i pomierzoną, natomiast kółka są wartościami średnimi różnic $d_i = D_w - D_{pi}$ na poszczególnych odcinkach wzorcowych.

Podobną, a nawet nieco większą fluktuację różnic d_i na krótszych odcinkach wzorcowych uzyskano w wyniku badań dalmierza CA 1000 na bazie wzorcowej Instytutu Geodezji Uniwersytetu w Karlsruhe w 1973 roku. Autor publikacji [3] przypuszcza, że są one spowodowane odbiciami bocznymi, które faktycznie mogą wystąpić na użytym w Karlsruhe wzorcu, przeznaczonym w zasadzie dla dalmierzy elektrooptycznych i położonym na skraju wąskiej asfaltowej drogi w duku leśnym o szerokości około 20 m. Ale wystąpienie podobnych rozbieżności na Krajowym Wzorcu Długości przeznaczonym dla dalmierzy mikrofalowych, na którym odbicia boczne nie występują, sugeruje, że uzyskane w obu przypadkach rozrzuty wyników pomiarów spowodowane są odbiciami od ziemi, co szczególnie zaznaczyło się przy nawierzchni asfaltowej. Asfalt stanowi

jednolitą twardą powierzchnię, od której następuje klasyczne odbicie. W związku z tym silny sygnał odbity, odbierany przez stację odzewową i przesyłany do stacji głównej, zniekształca wynik pomiaru. W naszym przypadku podłoże bardziej miękkie daje podobny efekt w mniejszym stopniu. Jeżeli istnieją przedmioty boczne, np. ściana lasu, budynki, to występujące odbicia boczne mogą powiększać szkodliwy efekt odbić od ziemi.

Na krótkich odcinkach odbicia od ziemi mogą być nie do wyeliminowania ze względu na niewystarczający zakres przestrajania częstotliwości nośnej oraz stosunkowo duży kąt rozwarcia wiązki. Dlatego, uśrednianie „optyczne” swingu podczas pomiarów odcinków krótkich nie zawsze pozwoli na uzyskanie wartości średniej, ponieważ nie zawsze można uzyskać cały okres krzywej swingu. Zależy to od najrozmaitszych czynników, np. od nachylenia i pokrycia terenu, rodzaju i spoistości gruntu, charakterystyki anteny itd. Na podstawie otrzymanych wyników można powiedzieć, że pomiary odcinków krótkich wiążą się z ryzykiem niezachowania dokładności dalmierza, szczególnie w miastach i terenach zabudowanych, gdzie do prac geodezyjnych doskonale nadają się dalmierze elektrooptyczne.

7. Pomiary na długich odcinkach wzorcowych

Sprawdzenie dalmierza CA 1000 przy pomiarach długich odcinków zostało przeprowadzone na dwóch bokach wzorcowych Sieci Komparatora Borowa Góra o długościach 8600 i 9800 m, pomierzonych wcześniej Geodimetrem NASM 4B oraz Geodimetrem 8. Błąd względny tych odległości szacuje się na 1 : 700 000, z uwagi na co w dalszych analizach przyjęto je za bezbłędne.

W tablicy 3 zestawiono średnie wartości D_p , uzyskane z pomiarów wykonanych w różnych dniach (z uwzględnieniem stałej dalmierza), długości wzorcowe D_w , różnice $d = D_w - D_p$, liczbę pojedynczych pomiarów n oraz błąd standardowy i średnie błędy wartości średnich m_0 .

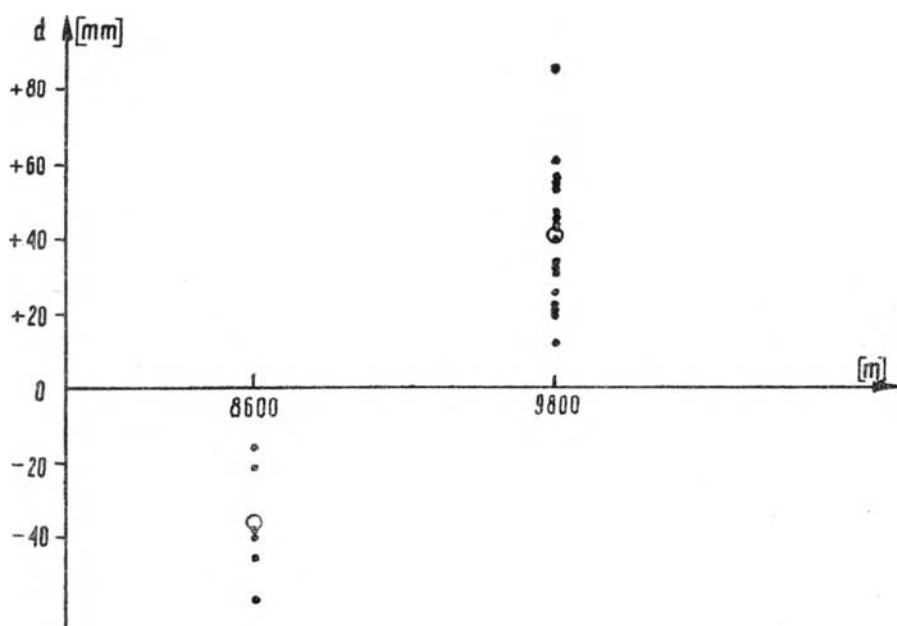
Dla uzupełnienia informacji o rozrzucie pojedynczych pomiarów, wykonano wykres (rys. 5), na którym pokazano różnice $d_i = D_w - D_{pi}$ poje-

Tablica 3

Lp.	Długości pomierzone D_p	Długości wzorcowe D_w	$D_w - D_p = d$ (mm)	n	M_s (mm)	m_0 (mm)
I	8583,266	8583,230	-36	6	± 58	± 6
II	9796,097	9796,139	+42	16	± 64	± 8

dynczych pomiarów — czarne punkty, oraz wartości średnie d — kółka, dla obydwu boków.

Uzyskane wartości d dla dwóch pomierzonych odległości przyjęto uważać za błędy prawdziwe z uwagi na dużą dokładność boków wzorcowych. Mają one różne znaki dla obu odcinków. Świadczy to o prawidłowym dzia-



Rys. 5

łaniu dalmierza przy pomiarze długich boków, jak również o prawidłowym wyznaczeniu stałej dalmierza K . Zmniejsza ona w pierwszym przypadku i zwiększa w drugim błędy prawdziwe d , zrównując ich wartości bezwzględne. Jest to zjawisko korzystne ze względu na podobne długości boków.

Błąd standardowy obliczony dla boku I wynosi $Ms_I = \pm 5,8$ cm, a błąd prawdziwy $Mp_I = d_I = -3,6$ cm. Dla boku II odpowiednio $Ms_{II} = \pm 6,4$ cm oraz $Mp_{II} = d_{II} = +4,2$ cm. W obu przypadkach otrzymano błędy prawdziwe pomiaru mniejsze niż zakłada się dla takich odległości, ponieważ stanowią one około 2/3 wartości Ms .

W warunkach produkcyjnych obserwator nie będzie wykonywał dużej liczby pomiarów jednego boku ze względów ekonomicznych. Liczba tych pomiarów musi być zminimalizowana bez obniżenia dokładności. Zagadnienie to przeanalizowano zestawiając tablicę 4, która przedstawia średnie

Tablica 4

Lp.	Wartość średnia serii	Długość wzorcowa	$d = D_{wzorc.} - D_{serii}$ (mm)	n	m_e (mm)	M_s (mm)
1	8583,255	8583,230	-25	3	± 7	± 58
2	,277		-47	3	± 5	
3	9796,117	9796,139	+22	3	± 5	± 64
4	,098		+41	3	± 3	
5	,083		+56	3	± 18	
6	,087		+52	3	± 4	
7	,094		+45	3	± 9	

wartości z serii pomiarowych, składających się z 3 przypadkowo pogrupowanych pojedynczych pomiarów.

Jak można zauważyć, błędy prawdziwe $d_s = D_w - D_s$, obliczone jako różnice między długością wzorcową D_w a długością średnią z serii D_s , w najbardziej niekorzystnym przypadku osiągają około 0,9 M_s , a niewielkie błędy średnie w seriach mówią o dużych zgodnościach wewnętrznych instrumentu.

Naszym zadaniem jest opracowanie takiej technologii pomiaru, która zapewni w jak największym stopniu dokładność rzędu M_s . Można również rozpatrywać technologię specjalną dla minimalizacji otrzymywanych błędów pomiaru. W tym przypadku założenia produkcyjne oparto na błędzie standardowym i w związku z tym przeanalizowano pomiary tylko pod kątem zabezpieczenia błędu M_s .

8. Wnioski

Przeprowadzone badania i otrzymane wyniki pozwalają na sprecyzowanie następujących wniosków:

1. Sposób pomiaru i eksploatacja dalmierza

W trakcie badań zauważono, że silny wiatr, poruszające się wzdłuż mierzonej linii nawet nieduże przedmioty (gałęzie drzew, krzewy) lub ruchliwa ulica (samochody i ludzie), zwłaszcza znajdujące się w pobliżu Stacji Głównej, mogą utrudnić lub uniemożliwić pomiar. W dotychczas używanych dalmierzach mikrofalowych przeszkody tego rodzaju nie wpływały w ogóle lub wpływały w dużo mniejszym stopniu na pomiar. W sytuacji, kiedy każdy odczyt oscylującej nieregularnie wskazówki fazomierza jest utrudniony przez wpływ czynników zewnętrznych, można, zamiast sprawdzać wskazówkę na „0” przy różnicy faz na częstotliwości R , wykonać

odczyt, a następnie odjąć go od odczytu wykonanego przy różnicy faz na częstotliwości A . Zaoszczędza to czynność zerowania, która przy oscylacjach wskazówki może być źródłem dodatkowego błędu.

Ponieważ do określenia końcówki mierzonego boku wymagany jest w zasadzie tylko jeden odczyt przy średniej wartości swingu (a nie wiele odczytów końcówki, jak np. w dalmierzach MRA 3 lub RG 10, gdzie w zależności od wymaganej dokładności pomiaru odczyty wykonuje się na $3 \div 12$ położeniach wneki), poprzestanie na jednym pomiarze wiąże się z ryzykiem otrzymania niedokładnego wyniku. Dlatego zalecane jest, aby podczas pomiaru jednego boku wykonywać 3 dokładne odczyty końcówki. Jest to szczególnie ważne w czasie wykonywania pomiaru w niekorzystnych warunkach, a więc przy dużych oscylacjach wskazówki fazomierza lub przy dużych amplitudach swingu.

Niewątpliwie, w wyborze średniej wartości swingu przy pomiarze dalmierzem CA 1000 obserwator powinien mieć nieco wprawy. Łatwo się przekonać, że przy przestrajaniu częstotliwości nośnej wybór „średniego swingu” nie jest łatwy i przez różne interpretacje zmienności wychyleń wskazówki, ten sam obserwator może otrzymać końcówki mierzonego boku różniące się o kilka centymetrów. Należy zwrócić tu uwagę, że najczęściej „średni swing” nie odpowiada średniej wartości z maksymalnych wychyleń na fazomierzu przy przestrajaniu częstotliwości nośnej.

Ponieważ dalmierz CA 1000 nie wymaga nagrzewania i czynności pomiarowe ma w dużym stopniu uproszczone, czas samego pomiaru jest znacznie krótszy. Jednak przygotowanie dalmierza do pracy jest równie czasochłonne, jak innych dalmierzy.

Zastosowanie suchych i lekkich niklowo-kadmowych baterii wewnętrznych eliminuje ciężkie akumulatory kwasowe podczas prac w terenie niedostępnym i na wieżach triangulacyjnych.

2. Zasięg i dokładność

Na krótkich odległościach do $700 \div 900$ m dalmierz CA 1000 może uzyskać znacznie gorszą dokładność od określonej przez producenta w formule na błąd standardowy, w zależności od charakteru mierzonego boku. Wpływają na to głównie odbicia od ziemi, które nie zawsze udaje się wyeliminować ze względu na mały zakres zmiany częstotliwości nośnej. Szkodliwy wpływ odbić od ziemi, powiększony przez ewentualny wpływ odbić bocznych, może poważnie zwiększyć pierwszy człon wzoru na błąd standardowy. W miarę możliwości należy unikać stosowania dalmierza CA 1000 do pomiaru krótkich odległości, szczególnie w miastach, gdzie należy zastępować go dalmierzami elektrooptycznymi krótkiego zasięgu.

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych pomiarów na długich bokach

są zadowalające zarówno pod względem dokładnościowym, jak i eksploatacyjnym (łatwość zestrzajania, szybkość pomiaru, doskonała łączność). Seria pomiarowa składająca się z 3 pojedynczych pomiarów końcówki powinna zapewnić dokładność rzędu M_s . Analiza wyników uzyskanych z zastosowania dalmierza CA 1000 w poligono-triangulacji będzie tematem oddzielnej pracy.

3. Sprawdzenie i komparacje

Dalmierz CA 1000, podobnie jak i inne dalmierze mikrofalowe, wymaga okresowych kontroli laboratoryjnych i polowych. Z uwagi na powyższe wnioski, przy wyznaczaniu stałej dalmierza nie należy używać długości wzorcowych zbyt krótkich (najlepiej rzędu $1 \div 1,5$ km). Odcinki wzorcowe nie powinny być również zbyt długie, ponieważ na dokładności wyznaczenia stałej dalmierza może wpłynąć błąd określenia współczynnika refrakcji i fluktuacje częstotliwości.

Ze względu na ograniczony czas badań, poprawka cykliczna fazomierza nie została zbadana, wydaje się, że jeżeli ona istnieje, może być trudna do wyznaczenia, ponieważ rozrzuty odczytów wykonywanych w typowy sposób mogą zaciemnić ją zarówno na krótszych, jak i na dłuższych odcinkach.

Na zakończenie, w stosunku do dalmierza CA 1000 można wysunąć kilka uwag natury konstrukcyjnej:

1. Do przeprowadzenia kontroli częstotliwości wzorcowych niezbędne jest odkręcenie całej obudowy dalmierza, ponieważ nie ma innej możliwości dotarcia do punktów kontroli. Odkręcenie obudowy powoduje naruszenie warstwy uszczelniającej stykających się części korpusu dalmierza.

2. Na skraju zakresu przestrzajania częstotliwości nośnej daje się zauważyć mniejsza skuteczność działania układu automatycznego dostrajania stacji pomiarowej, co jest przyczyną łatwego rozstrajania się układów.

3. Zamocowanie dalmierza CA 1000 na łączniku z gwintem o małej średnicy bez możliwości zablokowania go po wycelowaniu, może spowodować obracanie się dalmierza w czasie pracy.

4. Brak oświetlenia panelu utrudnia pracę w nocy.

5. Brak libeli pudełkowej komplikuje należyte spoziomowanie instrumentu.

L I T E R A T U R A

- [1] Operator's manual Tellurometer model CA 1000. (Wyd. f-my Tellurometr).
- [2] Maintenance manual Tellurometer model CA 1000. (Wyd. f-my Tellurometr).
- [3] *Meier-Hirmer B.*: Erfahrungen mit dem Tellurometer CA 1000. AVN, Heft 2, 1974 r.
- [4] *Genike A. A., Wernickij M. I.*: Ob adnom istocznike oszibok radiodalnomiernych izmierenij. Gieodiezija i Kartografija, Nr 4, 1974 r.
- [5] *Majaanowa Z.*: Komparacja dalmierzy elektromagnetycznych. Informator IGIK, zeszyt 10, 1972 r.

Recenzował doc. inż. Wojciech Krzemiński

Rękopis złożono w Redakcji w listopadzie 1976 r.

АНДЖЕЙ КАЛИНЬСКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНОМЕРА СА 1000 ФИРМЫ TELLUROMET

Р е з ю м е

В 1974 году Отдел основных измерений Института геодезии и картографии в рамках сотрудничества с Государственным геодезическо-картографическим предприятием произвел исследования микроволнового дальномера СА 1000 фирмы Tellurometr.

В начале работы рассмотрены конструкционные новости, примененные в дальномере, и изменения в способе измерения по отношению к старшим типам микроволновых дальнометров. Далее изложены лабораторные исследования, имеющие целью определение постоянства стандартной частоты.

Полевое исследование дальномера СА 1000 и анализ точности полученных результатов произведено с целью выявления, достигает ли он точность, помещающуюся в границах его стандартной ошибки, как на коротких, так и на длинных измерительных отрезках. Исследования показали, что наилучшие результаты достигает дальномер при измерении длинных боков (сторон).

Вытекающие из исследований замечания и выводы, относящиеся к точности и техники измерений, а также применения и использования дальномера заканчивают работу.

ANDRZEJ KALIŃSKI

EXAMINATION OF TELLUROMETER RANGEFINDER CA 1000

Summary

In 1974 Department of Geodetic Surveying of Institute of Geodesy and Cartography, in cooperation with State Geodetic-Cartographic Enterprise, realized examinations of Tellurometer microwave rangefinder CA 1000.

At the beginning of elaboration constructional novelties used in this rangefinder and modifications in measuring method in relation to the older types of microwave rangefinders were described. In the further part of paper laboratory examinations, carried out for standard frequency steadiness determination, were discussed.

Field examinations of rangefinder CA 1000 and accuracy analysis of the results were made for demonstration, if it reaches accuracy in the standard error limits on the short as well as on the long measured distances. The examinations revealed, that the best results are obtained for the long distance measurements. Resulting from these examinations remarks and conclusions dealing with accuracy and technique of measurement, application and utilization of the rangefinder, put an end to this paper.

SPIS TREŚCI

DANUTA CHOWAŃSKA-OTYS	
Grawimetryczne prace badawczo-metodyczne, przeprowadzone w południowej części Morza Bałtyckiego	3
ANDRZEJ CIOŁKOSZ	
STANISŁAW MULARZ	
Badanie powierzchniowych zmian termiki gruntu rejonu złoża siarki w Grzybowie metodą termowizyjną	23
WOJCIECH BYCHAWSKI	
MARIA IRACKA	
JERZY MOZGAWA	
Wykorzystanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do badań uszkodzeń drzewostanów sosnowych	31
RÓŻA BUTOWTT	
Fotointerpretacja hydrogeologiczna odpadów poflotacyjnych miedzi	47
ANDRZEJ KALIŃSKI	
Badania dalmierza CA 1000 firmy Telluometr	63

СОДЕРЖАНИЕ

ДАНУТА ХОВАНЬСКА-ОТЫСЬ	
Гравиметрические исследовательско-методические работы, проведенные в южной части Балтийского моря	3
АНДЖЕЙ ЦИОЛКОШ	
СТАНИСЛАВ МУЛЯЖ	
Исследования поверхностных изменений термики грунта района месторождения серы в Гжибове методом анализа тепловых изображений	23
ВОЙЦЕХ БЫХАВСКИ	
МАРИЯ ИРАЦКА	
ЕЖИ МОЗГАВА	
Использование спектрозональных аэроснимков для исследования повреждения сосновых древостоев	31
РУЖА БУТОВТТ	
Гидрологическая фотоинтерпретация послефлотационных отбросов меди	47
АНДЖЕЙ КАЛИНЬСКИ	
Исследования дальномера СА 1000 фирмы Telluometr	63

CONTENTS

DANUTA CHOWAŃSKA-OTYŚ	
Gravimetric methodical research works at the south part of Baltic Sea	3
ANDRZEJ CIOŁKOSZ	
STANISŁAW MULARZ	
Investigation of surface thermic changes of ground in the region of sulphur ledge in Grzybów by thermovision method	23
WOJCIECH BYCHAWSKI	
MARIA IRACKA	
JERZY MOZGAWA	
Application of aerial color infrared photographs for pine forest damage investigations	31
RÓŻA BUTOWTT	
Hydrogeological photointerpretation of copper flotation refuse	47
ANDRZEJ KALIŃSKI	
Examinations of Tellurometer rangefinder CA 1000	63

