

Zmodernizowane stanowisko Państwowego Wzorca Jednostki Kąta Płaskiego

Joanna Przybylska

Główny Urząd Miar, Zakład Długości i Kąta, Laboratorium Kąta

Państwowy wzorzec jednostki kąta płaskiego, znajdujący się w Głównym Urzędzie Miar, tworzą dwa stanowiska pomiarowe. Przeprowadzona w ostatnich latach modernizacja objęła jedno z tych stanowisk. Zakupiono nowe przyrządy pomiarowe, zmieniona została także metoda pomiaru. Modernizacja umożliwiła rozszerzenie zakresu usług wykonywanych na stanowisku państwowego wzorca oraz znaczne zmniejszenie wartości niepewności pomiaru. Przed wprowadzeniem do eksploatacji zmodernizowanego stanowiska wykonano szereg badań, wynikiem których było m.in. określenie składowych budżetów niepewności i ich wartości, zarówno dla pryzm wielościennych, jak i dla płytek kątowych przywieralnych. Na przełomie 2008 i 2009 roku na zmodernizowanym stanowisku wykonane zostały pomiary wzorców kąta w ramach porównań międzynarodowych SIM.L-K3/2008. Udział w porównaniach międzynarodowych, zakończony wynikiem pozytywnym, jest warunkiem koniecznym do dokonania zmian w tabeli CMCs.

Modernized station of the National Standard of Plane Angle Unit

The National Measurement Standard of Plane Angle Unit, which is located in the Central Office of Measures, consists of two measuring stations. Recently the station for reproducing the round angle has been modernized. The new measuring instruments were bought and the measuring method was changed. After modernization, the uncertainty of measurements is smaller and not only optical polygons could be measured with it. Before introducing into service, many investigations had been done. They allowed to determine, among others, the components, with the values, of the uncertainty budgets for measurements of optical polygons and angle gauges. In December 2008 and in January 2009 the measurements of one optical polygon and four angle gauges were done within the international project SIM.L-K3/2008. Taking part in such intercomparisons, with positive results, is necessary for changing the data in the CMCs table.

1. Wstęp

W Głównym Urzędzie Miar utrzymywany jest państwowy wzorzec jednostki kąta płaskiego, który tworzą dwa stanowiska pomiarowe – stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki w zakresie kąta pełnego oraz stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki w zakresie do 40' (tzw. generator małych kątów). Głównym tematem niniejszej pracy jest zaprezentowanie stanowiska umożliwiającego realizację pełnego obrotu, przed i po modernizacji. Pokróćce omówiony zostanie generator małych kątów.

2. Stanowiska państwowego wzorca jednostki kąta płaskiego. Generator małych kątów

Generator małych kątów jest stanowiskiem pomiarowym realizującym odtwarzanie jednostki kąta płaskiego w zakresie do 40' z rozdzielczością 0,01". Generator, działa na zasadzie liniału sinusowego. Poziomy liniał powierzchniowy oparty jest na dwóch podporach – stałej i ruchomej. Wielkość przemieszczenia podpory ruchomej mierzona jest za pomocą interferometru laserowego. Za pomocą generatora małych kątów wzorcowane są autokolimatory fotoelektryczne oraz poziomnice elektroniczne o dużej rozdzielczości (małych wartościach działki elementarnej).

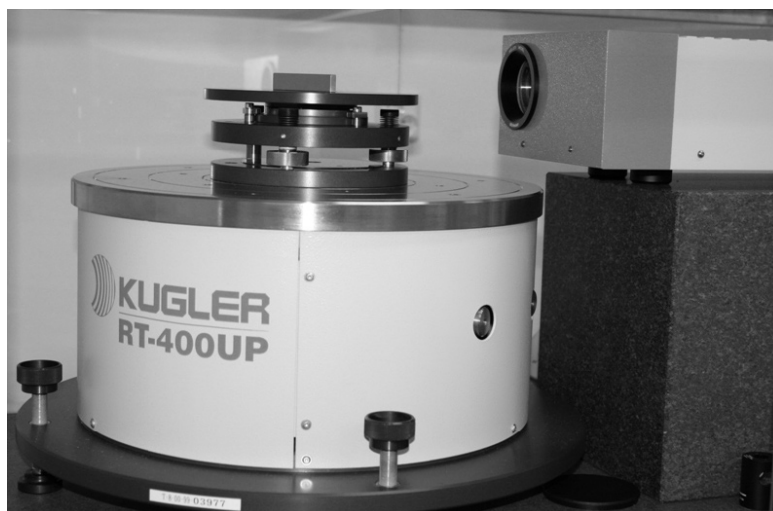
3. Stanowisko do odtwarzania jednostki kąta płaskiego w zakresie pełnego obrotu – przed modernizacją

Stanowisko do odtwarzania jednostki kąta płaskiego w zakresie pełnego obrotu, przed modernizacją, składa się z dwóch mikroskopów fotoelektrycznych oraz stołu obrotowego. Jeden z mikroskopów nie zmienia swojego położenia w trakcie całego pomiaru, drugi z mikroskopów, po każdej kolejnej serii pomiarów, jest obracany o kąt równy kątowi nominalnemu wzorcowanej pryzmy wielościennej. Program komputerowy oblicza wartości błędów kątów pomiarowych w odniesieniu do pierwszej powierzchni pomiarowej tzw. metodą Cooka, opisaną szczegółowo w [1].

Na stanowisku możliwe jest wykonywanie wzorcowania wyłącznie pryzm wielościennej. Najmniejsza możliwa do uzyskania rozszerzona niepewność pomiaru pryzm wynosi $0,36''$ (przy $k = 2$). Na ostateczną wartość niepewności złożonej składa się odchylenie kwadratowe średniej, składnik związany z dryftem szczeliny pomiarowej, składnik związany z wzorcowaniem mikroskopów oraz składnik związany z płaskością poszczególnych powierzchni pomiarowych pryzmy.

4. Stanowisko do odtwarzania jednostki kąta płaskiego w zakresie pełnego obrotu – po modernizacji

Stanowisko do odtwarzania jednostki kąta płaskiego w zakresie pełnego obrotu, po modernizacji, składa się z autokolimatora fotoelektrycznego o bardzo wysokiej rozdzielczości i precyzyjnego stołu obrotowego z łożyskowaniem powietrznym. Ogólny widok stanowiska przedstawiony jest na rysunku 1.



Rys. 1. Widok stanowiska do odtwarzania jednostki kąta płaskiego po modernizacji

Pryzmy wielościenne wzorcowane są przy wykorzystaniu tzw. metody rozetowej. Polega ona na tym, że wykonuje się tyle serii pomiarowych, ile powierzchni pomiarowych liczy wzorcowana pryzma. Po każdej kolejnej serii pryzma obracana jest tak, aby pomiary rozpoczynały się od następnej powierzchni pomiarowej pryzmy. Po wykonaniu wszystkich serii pomiarowych dane zebrane z autokolimatora przesyłane są do programu obliczającego wyniki pomiarów.

Płytki kątowe przywieralne wzorcowane są w odmienny sposób. W tym przypadku wykonuje się zawsze cztery serie pomiarowe: po dwie serie dla każdego kierunku obrotu, dla dwóch różnych położań płytki na stoliku pomiarowym.

5. Składniki budżetu niepewności pomiaru pryzm wielościennych i płytek kątowych przywieralnych

Podstawowym czynnikiem mającym wpływ na wartość niepewności jest odchylenie kwadratowe średniej. Kolejne składniki pochodzą od rozdzielczości stołu obrotowego i autokolimatora, ze świadectwa wzorcowania autokolimatora oraz od błędów pozycjonowania stołu obrotowego. Pozostałe składniki omówione są poniżej.

6. Wpływ odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych

Kształt powierzchni wpływa na ostateczny wynik pomiaru, jednak trudno jest ustalić ścisłą zależność między tymi wartościami. W GUM dokonano analizy różnic wyników otrzymanych dla poszczególnych powierzchni pomiarowych pryzmy i odpowiadającym tym powierzchniom wartościom odchylenia od płaskości (wartości RMS). Na podstawie uzyskanych danych znaleziono zależność liniową między niepewnością standardową a odchyleniem od płaskości. W ostatecznym budżecie niepewności dla pryzm i płytek kątowych, dla których znane są wartości odchylenia od płaskości, wartość składowej obliczana jest indywidualnie. Dla pryzm i płytek, dla których nieznana jest wartość odchylenia od płaskości, przyjmuje się wartości największe z dotychczas uzyskanych.

7. Wpływ piramidalności powierzchni pomiarowych

Poza parametrem, jakim jest odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowej, wyznaczana jest także wartość piramidalności powierzchni pomiarowych. Jej wpływ na wynik pomiaru jest trudny do ujęcia pod postacią matematycznej zależności. Opierając się na doświadczeniach innych instytucji metrologicznych oraz na informacjach zawartych w artykułach [2] i [3], przeprowadzono badania zmierzające do oszacowania wartości tej składowej budżetu niepewności. W trakcie badań rejestrowano wskazania X autokolimatora przy pochylaniu stołu obrotowego w zakresie $\pm 150''$.

8. Wpływ niecentryczności

Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na wynik pomiaru jest niecentryczne położenie obiektu wzorcowanego w odniesieniu do osi optycznej autokolimatora. Celem zbadania i oszacowania wartości tej składowej wykonano dodatkowe badania, wykorzystując do tego celu płytki kątowe. Do wykonania pomiarów wykonano specjalne przesłony na obie powierzchnie pomiarowe, tak aby można było zebrać dane oddzielnie z różnych obszarów.

9. Niepewność rozszerzona

Po uwzględnieniu wartości wszystkich składowych, wybranych dla obiektu o najlepszych parametrach, otrzymano wartości rozszerzonej niepewności, przy $k = 2$, równe $0,07''$, zarówno dla pryzm wielościennych, jak i dla płytek kątowych przywieralnych.

10. Porównania międzynarodowe

W ostatnim okresie laboratorium GUM wzięło udział w porównaniach międzynarodowych SIM.L-K3/2008. Pomiary w GUM przeprowadzone zostały na zmodernizowanym stanowisku. Obiektem porównań była pryzma 12-ścienna oraz cztery płytki kątowe przywieralne. Po otrzymaniu raportu z porównań i przeanalizowaniu wyników podjęta zostanie decyzja o kolejnych działaniach związanych z dalszym doskonaleniem metody wzorcowania pryzm wielościennych i płytek kątowych przywieralnych na zmodernizowanym stanowisku państwowego wzorca jednostki kąta płaskiego. W przypadku uzyskania pozytywnych wyników dokonana zostanie zmiana zapisów w tabeli CMCs dotycząca wzorcowania pryzm wielościennych i płytek kątowych, a stanowisko pomiarowe sprzed modernizacji zostanie wycofane z eksploatacji.

Literatura

- [1] A. H. Cook: *The calibration of circular scales and precision polygons*. British Journal of Applied Physics 5 (1954), s. 367-370.
- [2] O. A. Kruger: *Methods for determining the effect of flatness deviation, eccentricity and pyramidal errors on angle measurements*. Metrologia 37 (2000), s. 101-105.
- [3] J. A. Stone, M. Amer, B. Faust, J. Zimmerman: *Uncertainties In Small-Angle Measurements Systems Used to Calibrate Angle Artifacts*. Journal of Research of the NIST 109 (2004), s. 319-333.