

REZULTATI KALIBRACIJE UREĐAJA ZA UPOREDNO MJERENJE PARALELNIH GRANIČNIH MJERKI

THE RESULTS OF CALIBRATION OF THE GAUGE BLOCK COMPARATOR

Prof. dr. Edhem Seferović,
Univerzitet Sarajevo,
Mašinski fakultet Sarajevo

mr. Daut Denjo,
Univerzitet Džemal Bijedić,
Mašinski fakultet Mostar

Ključne riječi: Mjeriteljstvo, kalibracija

REZIME

U ovom radu su prikazani rezultati kalibracije uređaja za upoređeno mjerenje paralelnih graničnih mjerki – AW2DH, kao i njihovo poređenje za zahtjevima uputstva EA – G21- Calibration of Gauge Block Comparators, izdatog od European cooperation for Accreditation (EA). Kalibracija je rađena u Laboratoriju za proizvodnu mjernu tehniku Mašinskog fakulteta u Sarajevu.

Key words: Metrology, calibration

SUMMARY

In this project the results of calibration of the Gauge Block Comparator - AW2DH are shown, as well as their comparison with the required instructions EA – G21 - Calibration of Gauge Block Comparators, edited by European cooperation for Accreditation (EA). The calibration has been made in the laboratory for the productive measurement technique on the University for Mechanical Engineering in Sarajevo.

1.UVOD

Paralelne granične mjerke su najvažnije utjelovljene mjere u tehnici mjerenja dužina. U hijerarhijski uređenom lancu prenošenja jedinice dužine zauzimaju ključnu poziciju, pa se i njihovoj kalibraciji posvećuje posebna pažnja u tehnici mjerenja dužina.. Laboratorij za Prizvodnu mjernu tehniku Mašinskog fakulteta u Sarajevu posjeduje uređaj za upoređno mjerenje paralelnih graničnih mjerki **AW2DH** proizvođača Carl Zeis, rezolucije 0.01 μm , na kojem je i rađena kalibracija. Pri kalibraciji uređaja korištene su paralelne granične mjerke stepena tačnosti 00 i K, proizvođača Johanson i Carl Mahr. Temperatura laboratorije i mjerki za vrijeme ispitivanja se kretala u granicama 19,6 do 19,8°C, a relativna vlažnost u granicama 62 do 65%.

2. OPIS I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UREĐAJA

Uređaj za uporedno mjerenje graničnih mjerki je namjenjen za kalibraciju graničnih mjerki sa paralelnim mjernim površinama nazivne dužine do 100 mm kontaktnom metodom uz računarsku podršku. Uređaj je zatvorene konstrukcije a sastoji iz mjernog stalka, mjernog stola sa uređajem za pozicioniranje mjerki i dva davača povezana sa elektronskim mjerilom sa digitalnim pokazivanjem. Tehničke karakteristike uređaja su date u tabeli 1.

TABELA 1. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UREĐAJA AW2DH.

Vrijednost skale	
Minimalna vrijednost skale	0,01 μm
Mjerno područje	
Opseg mjerenja	0,5 – 100 mm
Nesigurnost mjerenja	
Maksimalna nesigurnost	0,05 + 0,5 L
Standardno odstupanje 3 S	0,025 μm

3. METODOLOGIJA IZVOĐENJA KALIBRACIJE

Kalibracijom uređaja obuhvaćena su slijedeća ispitivanja:

- ispitivanje ponovljivosti pokazivanja uređaja
- ispitivanje nelinearnosti uređaja
- ispitivanje uređaja mjerenjem razlika srednjih dužina mjerki
- ispitivanje mjerenjem odstupanja f_o i f_u od srednje dužine mjerke

3.1 Ispitivanje ponovljivosti pokazivanja uređaja

Ispitivanje ponovljivosti pokazivanja je rađeno na početku, sredini i kraju mjernog područja uređaja sa paralelnim graničnim mjerkama stepena tačnosti K, nazivnih dužina 4 mm, 50 mm i 100 mm. Rađeno je 25 ponovljenih mjerenja uz podizanje ticala uređaja sa pomjeranjem nosača mjerki u horizontalnoj ravni i ponovnim vraćanjem u mjerni položaj. Rezultati ispitivanja su prikazani u tabeli 2.

TABELA 2. REZULTATI PONOVLJIVOSTI POKAZIVANJA UREĐAJA.

Nazivna dužina mjerke mm	Dužina mjerke po certifikatu mm	Odstupanje od nazivne dužine μm	Srednja vrijednost dužine mjerke mm	Procjenjeno standardno odstupanje μm
4	4,00006	0,06	4,000062	0,004
50	49,99997	- 0,03	49,999969	0,0028
100	99,99985	- 0,15	99,999849	0,0028

3.2 Ispitivanje nelinearnosti

Pri ovom ispitivanju je mjerena razlika dužina 10 mjerki nazivnih dužina stepenovanih po 1 μm i 2 μm . Izmjerena razlika je upoređena sa razlikom stvarnih dužina. Rezultati ispitivanja nelinearnosti su prikazani u tabelama 3 i 4.

TABELA 3. REZULTATI ISPITIVANJA NELINEARNOSTI MJERKAMA STEPENOVNE PO 1 μm .

Mjeren je br.	Nazivne dužine mjerki mm	Razlika dužina po certifikatu μm	Očitana razlika dužina μm	Razlika f μm
1	1,000 – 1,001	0,92	0,94	0,02
2	1,001 - 1,002	1,09	1,05	- 0,04
3	1,002 - 1,003	1,01	1,02	0,01
4	1,003 – 1,004	0,92	0,89	- 0,03
5	1,004 – 1,005	1,05	1,03	- 0,02
6	1,005 – 1,006	1,02	1,04	- 0,02
7	1,006 – 1,007	0,99	0,96	-0,03
8	1,007 – 1,008	1,01	0,99	-0,02
9	1,008 – 1,009	0,98	0,96	- 0,02
10	1,009 – 1,010	0,95	0,92	-0,03

Srednja vrijednost razlike: $f = -0,014 \mu\text{m}$

Procjenjeno standardno odstupanje : $s = 0,022 \mu\text{m}$

TABELA 4. REZULTATI ISPITIVANJA NELINEARNOSTI MJERKAMA STEPENOVNE PO 2 μm .

Mjeren je br.	Nazivne dužine mjerki mm	Razlika dužina po certifikatu μm	Očitana razlika dužina μm	Razlika f μm
1	1,000 - 1,002	2,01	1,99	- 0,02
2	1,002 - 1,004	1,93	1,92	- 0,01
3	1,004 - 1,006	2,07	2,09	0,02
4	1,006 – 1,008	2,00	1,99	- 0,01
5	1,008 – 1,010	1,93	1,95	0,02
6	1,001 – 1,003	2,1	2,08	- 0,02
7	1,003 – 1,005	1,97	1,93	- 0,04
8	1,005 - 1,007	2,01	2,01	0
9	1,007 – 1,009	1,99	1,95	- 0,04

Srednja vrijednost razlike: $f = - 0,011 \mu\text{m}$

Procjenjeno standardno odstupanje : $s = 0,022 \mu\text{m}$

3.3 Ispitivanje uređaja mjerenjem razlike srednjih dužina graničnih mjerki

Za mjerenja razlike srednjih dužina koristili smo parove graničnih mjerki prema tabeli 5.

TABELA 5. PAROVI GRANIČNIH MJERKI PRI ISPITIVANJU UREĐAJA.

Par br.	Nazivna dužina mjerke mm	
	A	B
1	0,5	0,5
2	1,0	1,005
3	1,0	1,01
4	4,0	4,0
5	100	100

Postupak izvođenja mjerenja:

- Dvije paralelne granične mjerke nazivnih dužina prema tabeli postave se na stol mjernog uređaja u pozicije za uporedno mjerenje (A i B)
- Ticalo se postavi na mjerku A i izvrši se nuliranje. Nakon toga se ticalo premješta na mjerku B i očitava se odstupanje.
- Izvodi se 25 ponovljenih mjerenja.
- Računa se razlika odstupanja M pokazivanja uređaja od razlike dužina C mjerki A i B po certifikatu
- Mjerke zamjene mjerna mjesta i pravi se nova serija od 25 ponovljenih mjerenja.
- Računa se razlika odstupanja M pokazivanja uređaja od razlike dužina C mjerki B i A po certifikatu
- Izračunaju se srednje vrijednosti odstupanja razlika i standardna odstupanja

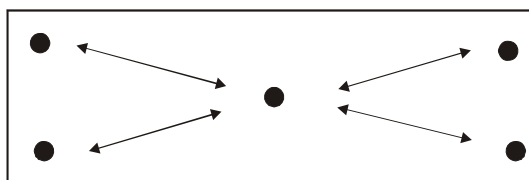
Rezultati ispitivanja mjerenjem razlike srednjih dužina mjerki su prikazani u tabeli 6.

TABELA6. REZULTATI ISPITIVANJA UREĐAJA MJERENJEM RAZLIKE SREDNJIH DUŽINA MJERKI.

Par mjerki	Nazivna dužina mjerki mm		Razlika srednjih dužina mjerki po certifikatu μm $C = (A - B)$	Očitana razlika srednjih dužina μm		Razlika C - M μm		Stand. odstupanje μm	
	A	B		M=A - B	M= B - A	A - B	B - A	A - B	B - A
1	0,5	0,5	0,17	0,1756	0,1812	0,0056	0,0112	0,0056	0,0044
2	1	1,005	4,99	4,9736	4,9744	0,0164	0,0156	0,0070	0,0080
3	1	1,01	9,94	9,9512	9,9244	0,0112	0,0156	0,0044	0,0095
4	4	4	0,14	0,1576	0,1250	0,0176	0,0150	0,0097	0,0090
5	100	100	-0,15	-0,1704	0,1696	-0,0204	0,0196	0,0054	0,0073

3.4 Mjerenje odstupanja f_o i f_u

Za mjerenje odstupanja f_o i f_u od srednje dužine korištena je paralelna granična mjerka nazivne dužine 1,01 mm. Mjerka je postavljena u mjerni položaj prema slici 1, ticala dovedena u položaj mjerenja srednje dužine mjerke a zatim je izvršeno nuliranje uređaja. Nakon izvedenih dvadeset serija mjerenja, mjerka je zaokrenuta za 180^0 i rađena nova serija od dvadeset mjerenja. Pri ovim mjerenjima su računane srednje vrijednosti f_o i f_u i standardna odstupanja. Rezultati ispitivanja su prikazani u tabeli 7.



SLIKA1. MJERNE TAČKE PRI MJERENJU ODSUPANJA f_o i f_u .

TABELA 7. REZULTATI MJERENJA Odstupanja f_o i f_u .

Nazivna dužina mjerke	Vrijednosti f_o i f_u po certifikatu μm			Srednja vrijednost mjerenja μm			Razlika C – M μm		Max. vrijednost standardnog odstupanja μm
	f_o	C	f_u	f_o	M	f_u	f_o	f_u	
1,01	0,03	0	0,042		-0,029		0,012	0,029	0,034

4. ANALIZA I POREĐENJE REZULTATA

Uputstvom za kalibraciju uređaja za uporedno mjerenje graničnih mjerki EA – G21, odnosno DKD – R 4 – 1 su predviđena ispitivanja uređaja pod tačkama 3.3 i 3.4, kao i ispitivanje sa specijalnom mjerkom nazivne dužine 6 mm, mosnog oblika podjeljenog u tri sekcije. Razlike između srednjih dužina graničnih mjerki A i B parova 1 - 5 i odstupanja f_o i f_u od srednjih dužina graničnih mjerki B parova 2 i 3 moraju biti kalibrirane sa povećanom mjernom nesigurnošću ($k = 3$) manjom ili jednakom $0,015 \mu\text{m}$. Kriteriji prihvatljivosti po ovim dokumentima su da standardno odstupanje ne smije prekoračiti $0,015 \mu\text{m}$ kao i da izmjerena razlika srednjih dužina i odstupanja f_o i f_u mora ležati u granicama $\pm 0,03 \mu\text{m}$.

Uspoređujući dobijene rezultate mjerenjem razlika srednjih dužina mjerki sa zahtjevima EA – G21, odnosno DKD – R 4 – 1, može se konstatovati da dobijena standardna odstupanja kao i razlike srednjih dužina zadovoljavaju. Dobijena odstupanja f_o i f_u leže u granicama $\pm 0,03 \mu\text{m}$, dok maksimalno standardno odstupanje iznosi $0,034 \mu\text{m}$.

5. ZAKLJUČAK

Pri ovim ispitivanjima korištene su granične mjerke stepena tačnosti 00 i K čije su srednje vrijednosti dužina prema certifikatima određene sa nesigurnošću $k = 2$, što odgovara statističkoj sigurnošću 95 %. Ispitivanje uređaja sa specijalnom mjerkom nazivne dužine 6 mm mosnog oblika podjeljenog u tri sekcije nismo izvodili, jer takvu mjerku nemamo.

Imajući u vidu dobijene rezultate ispitivanja uređaja možemo zaključiti:

- potrebno je kalibrirati parove graničnih mjerki čija će razlika srednjih dužina kao i odstupanja f_o i f_u biti određena sa povećanom nesigurnošću ($k = 3$), i nabaviti specijalnu mjerku da bi smo zadovoljili zahtjeve smjernica EA – G21.
- dobijeni rezultati, posebno ispitivanja ponovljivosti pokazivanja, kao i mjerenja razlike srednjih dužina su u potpunosti sa kriterijima prihvatljivosti smjernica EA – G21
- razlog odstupanja standardnog odstupanja od dozvoljenog pri ispitivanju uređaja mjerenjem odstupanja f_o i f_u je nestabilnost mjerke (mala dužina mjerke 1,01 mm) pri dodiru sa ticalom..

Na osnovu ovih ispitivanja kao i uz pouzdanije mjerenje temperature mjerki i prostora otpornim senzorima sigurno je da će zadovoljiti kriterije smjernica EA – G21 i postići mjernu nesigurnost $U = 0,03\mu\text{m} + 0,002D$, čime bi laboratorij stekao uslove za akreditaciju od strane EA, što je i krajnji cilj ovog ispitivanja.

6. LITERATURA:

- [1] Uputstvo EA – G21 Calibration of Gauge Block Comparators, European cooperation for Accreditation, 1996
- [2] Smjernice DKD – R4 – 1 Auswahl und Kalibrierung von Endmaßmessgeräten zur Verwendung als Normalgeräte in Kalibrierlaboratorien, Deutscher Kalibrierdienst bei der Physikalisch – Technischen Bundesanstalt, 2002
- [3] DIN 861 Teil 1 Parallelendmaße, Begriffe, Anforderungen, Prüfung, 1980
- [4] DIN EN 45001 Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien, DIN, 1990
- [5] DIN, Einedimensionale Längenprüftechnik, Beuth Verlag GmbH- Berlin – Wien Zurich, 1 Auflage 1993