

## KOMPARACIJA REZULTATA OCJENE SPOSOBNOSTI PRECIZNOG MJERNOG SATA PO VODIČU ZA OCJENU, MSA I VDA5

### RESULTS COMPARISON OF CAPABILITY ASSESSMENT OF PRECISE INDICATOR BY GUIDEBOOK MSA AND VDA 5

Daut Denjo, v.prof.dr.  
Senada Pobrić, doc.dr.  
Univerzitet „Džemal Bijedić“  
Mostar

Esad Pobrić, mr.sc.  
JP. Komunalno doo  
Mostar

Nermina Zaimović – Uzunović, prof.dr.  
Univerzitet u Zenici

Lejla Denjo, mr.maš.  
Institut za mjeriteljstvo BiH  
Sarajevo

#### REZIME

*U svrhu bolje kontrole, ali i poboljšanja proizvodnih procesa potreban je kvalitetan mjerni sistem koji mjeri parametre procesa. U ovom radu su komparirani rezultati ocjene sposobnosti preciznog mjernog sata mjernog područja  $\pm 50 \mu\text{m}$  i vrijednosti podioka  $1 \mu\text{m}$ . Ocjena sposobnosti preciznog mjernog sata je rađena prema Vodiču za ocjenu sposobnosti mjernih sistema, MSA i VDA5.*

**Ključne riječi:** kvalitet, mjerni sistem, sposobnost

#### ABSTRACT

*In order to better control and to improve production processes a quality measuring system, which measures the parameters of process is required. In this paper, the results of the capability assessment of precise indicator were compared, measurement range  $\pm 50 \mu\text{m}$  and graduation  $1 \mu\text{m}$ . The capability assessment of precise indicator was made by Guidebook for assessment measurement system capability, MSA i VDA5.*

**Keywords:** quality, measurement system, capability

#### 1. UVOD

Kako bi se pravilno kontrolirao i poboljšao proizvodni proces, potrebno je mjeriti i parametre izlaza iz procesa. Za svaku skupinu izmjerenih podataka, prikupljenih kako bi se kontrolirao neki proces, barem dio varijacije je uzrok mjernog sistema. Razlog tomu je što se pri ponavljanju mjerenja istog parametra ne dobivaju uvijek iste vrijednosti.

Kako bi se osiguralo da varijabilnost mjernog sistema nije štetno velika, potrebno je provesti studiju sposobnosti mjernog sistema.

Cilj te studije je:

- Utvrđivanje varijabilnosti (koja je uzrok mjernog sistema) sakupljenih podataka,
- Izoliranje izvora varijabilnosti u mjernom sistemu,
- Procjenjivanje prikladnosti primjene mjernog sistema.

Za ocjenu sposobnosti mjernih sistema u praksi se uglavnom koristi dokument MSA, urađen od strane Automotive Industry Action Group (AIAG) 1990 godine, Leitfaden zum "Fähigkeitsnachweis von Messsystemen" (Vodič za ocjenu sposobnosti mjernih sistema) urađen od radne grupe automobilskih kompanija (BMW AG, Audi AG, Robert Bosch GmgH, DaimlerChRYler AG, Fiat Auto S.p.a, Ford Werke AG, Adam Opel AG, Q-DAS GmgH, Volkswagen AG) i drugo kompletno dopunjeno izdanje VDA 5 bazirano na normi ISO 22514 -7 od 2010 godine, koja opisuje zahtjeve u vezi prikladnosti ispitnih procesa, prikladnosti mjernih sistema, mjernih i ispitinih procesa, proširene mjerne nesigurnosti, kao i ocjenjivanje usklađenosti.

## 2. ANALIZA I OCJENA SPOSOBNOSTI PRECIZNOG MJERNIG SATA

Eksperiment je rađen u fabrici "RFK valjčići" Konjic. Za izvođenje studije sposobnosti prema Vodiču i MSA iz proizvodnje je uzeto slučajnim izborom 10 valjčića, koji su pri tome numerisani. Mjerenje valjčića su vršila tri kontrolora sa dva niza mjerenja. Provjeravani prečnik valjčića je 15,440 (+0,009; -0,039)mm. Rezultati mjerenja prečnika od strane tri kontrolora su dati u tabeli 1. Prije izvođenja studije rađeno je ispitivanje tačnosti i linearnosti mjernog uređaja i računati su koeficijenti Cg i Cgk, koji zadovoljavaju kriterije preporuka.

Tabela 1. Rezultati ponovljenih mjerenja

Broj dijela	Kontrolor 1		Kontrolor 2		Kontrolor 3	
	Prvi niz mjerenja (w1)	Drugi niz mjerenja (w2)	Prvi niz mjerenja (w1)	Drugi niz mjerenja (w2)	Prvi niz mjerenja (w1)	Drugi niz mjerenja (w2)
1	15,445	15,447	15,445	15,449	15,449	15,449
2	15,442	15,441	15,442	15,443	15,442	15,442
3	15,444	15,443	15,444	15,443	15,445	15,445
4	15,425	15,425	15,425	15,425	15,425	15,425
5	15,44	15,44	15,44	15,441	15,44	15,441
6	15,425	15,425	15,425	15,425	15,425	15,425
7	15,442	15,442	15,442	15,442	15,442	15,441
8	15,438	15,438	15,438	15,438	15,438	15,437
9	15,432	15,432	15,432	15,432	15,432	15,433
10	15,445	15,444	15,445	15,445	15,445	15,445

Na osnovu rezultata mjerenja navedenih u tabeli 1, rezultati ocjene sposobnosti mjernog sata metodom aritmetičkih sredina i raspona i ANOVA metodom su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati ocjene sposobnosti mjernog sata

	Varijacija mjernog sata EV		Varijacija kontrolora AV		Ukupna varijacija R&R odnosno po MSA TV	
	[µm]	[%]	[µm]	[%]	[µm]	[%]
Ocjena prema Vodiču	2,435	6,245	1,484	3,85	2,851	7,31
Ocjena prema MSA	2,419		1,38		2,785	7,14
ANOVA	3,86	9,897	1,125	2,885	4,02	10,309

Prema Vodiću, mjerni sistemi koji zadovoljavaju udjele varijabilnosti u tolerancijskom polju  $R\&R \leq 20\%$  (novi mjerni sistemi), i  $R\&R \leq 30\%$  (sistemi koji su u eksploataciji) su sposobni odnosno prikladni mjerni sistemi. Prema MSA, kriterij ocjene kvaliteta mjernog sistema  $R\&R$  u tolerancijskom polju ili ukupnoj varijabilnosti TV je:  $R\&R < 10\%$  - mjerni sistem zadovoljava,  $10\% < R\&R < 30\%$  - mjerni sistem je na granici i  $R\&R > 30\%$  - mjerni sistem nije prihvatljiv.

### 3. OCJENA PRIKLADNOSTI PREMA VDA 5

Drugo kompletno dopunjeno izdanje VDA 5 bazirano na normi ISO 22514 -7 od 2010 godine, opisuje zahtjeve u vezi prikladnosti ispitnih procesa, prikladnosti mjernih sistema, mjernih i ispitnih procesa, proširene mjerne nesigurnosti kao i ocjenjivanje usklađenosti.

Novo izdanje VDA 5 dijeli sve utjecajne komponente mjernog procesa u dvije grupe i to utjecajne faktore mjernog sistema koje u principu možemo dodijeliti mjernom procesu, odnosno novina je u principu razdvajanja mjernog sistema i mjernog procesa. Razlika mjernog sistema i mjernog procesa sa odvojenim navodima proširene mjerne nesigurnosti je razumna za mjerni sistem, jer se u velikoj mjeri mjerni sistem može ocijeniti nezavisno od puštanja u proizvodni proces. Poznavanjem, odnosno određivanjem standardnih nesigurnosti uticajnih komponenti, određujemo kombinovanu i proširenu mjernu nesigurnost mjernog sistema i mjernog procesa, odnosno pripadajuće karakteristične vrijednosti prikladnosti  $Q_{MS}$  i  $Q_{MP}$ .

Prema VDA 5 granične vrijednosti prikladnosti mjernog sistema i mjernog procesa u tolerancijskom polju su  $Q_{MS} \leq 15\%$  i  $Q_{MP} \leq 30\%$ .

Tabela 3. Utjecajni parametri i standardne nesigurnosti za precizni mjerni sat

Standardna mjerna nesigurnost	Iznos
Rezolucije	$u_{Re} = RE/\sqrt{3} = 1/\sqrt{3} = 0,578 \mu m$
Etalona	$u_{cal} = U_{cal}/2 = 0,5/2 = 0,25 \mu m$
Ponovljivosti na radnom etalonu	$u_{EVR} = s_g = 0,262 \mu m$
Sistematskog mjernog odstupanja	$u_{BI} =  \bar{x} - x_m /\sqrt{3} = 2/\sqrt{3} = 1,156 \mu m$
Linearnosti	$u_{Li} = \max(u_{BI}) = 1,156 \mu m$

Kombinovana mjerna nesigurnost mjernog uređaja

$$u_{MS} = \sqrt{u_{RE}^2 + u_{CAL}^2 + u_{EVR}^2 + u_{BI}^2 + u_{LIN}^2} = \sqrt{3,137} = 1,771 \mu m$$

Proširena mjerna nesigurnostsa faktorom pokrivanja  $k = 2$

$$U_{MS} = 2 \cdot u_{MS} = 3,542 \mu m$$

Prikladnost mjernog sistema prema VDA 5 odnosno ISO/CD 22514-7

$$Q_{MS} = \frac{2 \cdot u_{MS}}{T} \cdot 100\% = 9,08\%$$

Izračunati  $Q_{MS} \leq 15\%$ , pa je i mjerni uređaj prema ISO/CD 22514-7 prikladan.

Tabela 4. Utjecajni parametri i standardne nesigurnosti za mjerni proces

Standardna mjerna nesigurnost	Iznos
Ponovljivosti na uzorcima	$u_{EVO} = EV(ANOVA) = 3,86 \mu\text{m}$
Obnovljivosti na uzorcima	$u_{AV} = AV(ANOVA) = 1,25 \mu\text{m}$
Uzoraka (odstupanje od oblika)	$u_{OBJ} = 1,5/\sqrt{3} = 0,867 \mu\text{m}$
Temperature	$u_T = 2/\sqrt{3} = 1,156 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Kombinovana nesigurnost

$$u_{MS} = \sqrt{u_{RE}^2 + u_{CAL}^2 + u_{EVR}^2 + u_{BI}^2 + u_{LIN}^2 + u_{EVO}^2 + u_{AV}^2 + u_{OBJ}^2 + u_T^2} = 4,657 \mu\text{m}$$

Proširena mjerna nesigurnost sa faktorom pokrivanja  $k = 2$

$$U_{MP} = 2 \cdot u_{MP} = 9,314 \mu\text{m}$$

Prikladnost mjernog procesa prema VDA 5 odnosno ISO/CD 22514-7

$$Q_{MP} = \frac{2 \cdot u_{MP}}{T} \cdot 100\% = 23,88\%$$

Izračunati  $Q_{MP} \leq 30 \%$ , pa je i mjerni proces prema ISO/CD 22514-7 prikladan.

#### 4. ZAKLJUČAK

Iz rezultata ocjene sposobnosti preciznog mjernog sata, isti je prema gore navedenim postupcima sposoban odnosno prikladan za mjerni proces, a time i davanje validnih rezultata za praćenje proizvodnog procesa. Postavlja se pitanje, koji je sistem ocjene sposobnosti mjernog sistema bolji? Prednost MSA i Vodića leži u veoma širokoj rasprostranjenosti i primjeni širom svijeta. Međutim detaljnije razmatranje utjecajnih komponenti kod mjernog procesa koje djeluju na proširenu mjernu nesigurnost daju preporuke VDA 5, odnosno norma ISO 22514-7. Nadalje, kako su preporuke VDA 5 bazirane na ISO normi, to daje viši stepen poznavanja posmatranog postupka. Ipak će vrijeme pokazati, koji će postupak ocjene sposobnosti u budućnosti dobiti više na značaju.

#### 5. LITERATURA

- [1] Leitfaden zum "Fähigkeitsnachweis von Messsystemen", Version 2.1 D/E, Stand/Status:17. September 2002.
- [2] Measurement systems analysis, fourth editin, Chrysler Group LLC, Ford Motors Corporation, juni 2010.
- [3] VDA Band 5, Prüfprozesseignung, 2 Auflage, VDA Berlin, 2010.
- [4] DIN ISO/IEC Guide 99:2007, Internationales Wörterbuch der Metrologie (VIM), Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [5] DIN EN 13005: 1999, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Beuth Verlag, Berlin 1999.
- [6] Neukirch C: Dietrich E.: Messsystem und Messprozess sind zweierlei, QZ 4 (2011) 56, S. 16-20.
- [7] Dietrich E: Vergleichen von MSA und VDA Band 5 QZ 1 (2011) 56, S. 39-41.
- [8] B. Runje, Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja, FSB 2014.