

ANALIZA PRECIZNOSTI INSTRUMENTA I MERILACA DUŽINE

„GAGE R&R“ PROCEDURES FOR ISO/TS 16949

Dr-Ing. Branko Popović¹⁾, Dipl. ec. Dragan Milivojević²⁾, Ing. Dragan Miletić³⁾,

Rezime: Postupak analiziranja preciznosti instrumenta i merilaca dužine (**Gage R&R**), koji propisuje standard QS 9000, koristi statističke tehnike za proveravanje procesa merenja u proizvodnim pogonima. Postupak je primenjiv u praksi jer je namenjen za korisnike koji nemaju statistička znanja. Treba primetiti da se samo uz primenu testiranja može postići optimum kako za primenu raspoloživih instrumenata tako i za merioce u proizvodnji. Ako je izvršeno testiranje ne može se nikako dogoditi da izmeren „dobar“ predmet ode na dalji proces. Međutim, iako se ovo retko dešava uvek će biti korisna primena ovog postupka, za analiziranje preciznosti izvesnog instrumenta i više merilaca dužine.

Cljučne reči: Sistem kvaliteta, Auto-industrija, Analiziranje preciznosti.

Abstract: Collectively, the procedures are sometimes referred to as „Gage R&R“ procedures because they are frequently used only to assess the statistical properties of reproducibility and repeatability. In general, the procedures are easy to use in a production environment and, although the procedures are statistical in nature, they are presented in a manner that allows them to be used by people who are not statisticians. It should be noted, however, that because of the way the tests are conducted, the procedures may be better at assessing the optimum capability of the gages and appraisers than of assessing the statistical properties of the complete measurement system, as the system is used in practice. This can happen, for instance, when more care is taken to obtain the test measurement than is normal when the measurement system is used, or during production. Frequently, this will not be a problem, but if it is, other procedures should be used, or modifications should be made to the procedures presented here.

Key words: Quality System, ISO/TS 16949

1. UVOD

Projektovanje i uvođenje Sistema za upravljanje kvalitetom u auto-industriji propisano je tehničkom specifikacijom ISO/TS 16949 [8] iz 2002.god, koja je zasnovana na standardu ISO 9001. Međutim, eksterno proveravanje izvedenog sistema vrše samo inostrane certifikacione komisije, koje imaju iskustva u proveravanju sistema prema standardu QS 9000:1994, koji su zajednički izradila tri velika severno američka proizvođača automobila Chrysler Co, Ford Motor Co i General Motors Co, udružena u Automotive Industry Action Group (AIAG). Dokumentacija QS-9000:1994 obuhvata grupu od tri obavezna uputstva Ocenjivanje sistema kvaliteta (QSA) [9], Proces odobravanja delova (PPAP) [12], Planiranje i kontrolisanje kvaliteta proizvoda (APQP) [13] i tri priručnika Analiziranje pojava i uticaja otkaza FMEA [10], Analiziranje mernih sistema MSA [11] i Statističko kontrolisanje procesa SPC [14].

Posebno je složen priručnik Analiziranje mernih sistema MSA (Measurement Systems Analysis) koji zahteva primenu teorija: statističkih

raspodela, korelacije i uzoraka, sa analizom varijansi, za merne, ispitne i kontrolne sisteme. U ovom priručniku preporučena je primena pet sledećih postupaka: Vizuelna analiza kontrolnih sistema, Numerička analiza mernih i ispitnih sistema, Numerička analiza kontrolnih sistema, Grafička analiza i Analiza proseka i varijansi odnosno Analiza varijansi, prema shemi na slici 1.

Posebno je složena Numerička analiza mernih i ispitnih sistema (Variable measurement system study), za dužine i radijalna odstupanja (within-part variation). Numerička analiza mernih i ispitnih sistema za dužine zahteva: izračunavanje kontrolnih granica izmerenih vrednosti, (Gage Repeatability and Reproducibility Data Sheet), izradu kontrolnih karata izmerenih vrednosti merilaca (Repeatability Range Control Chart) i izračunavanje preciznosti instrumenta i merilaca (Gage Repeatability and Reproducibility Report).

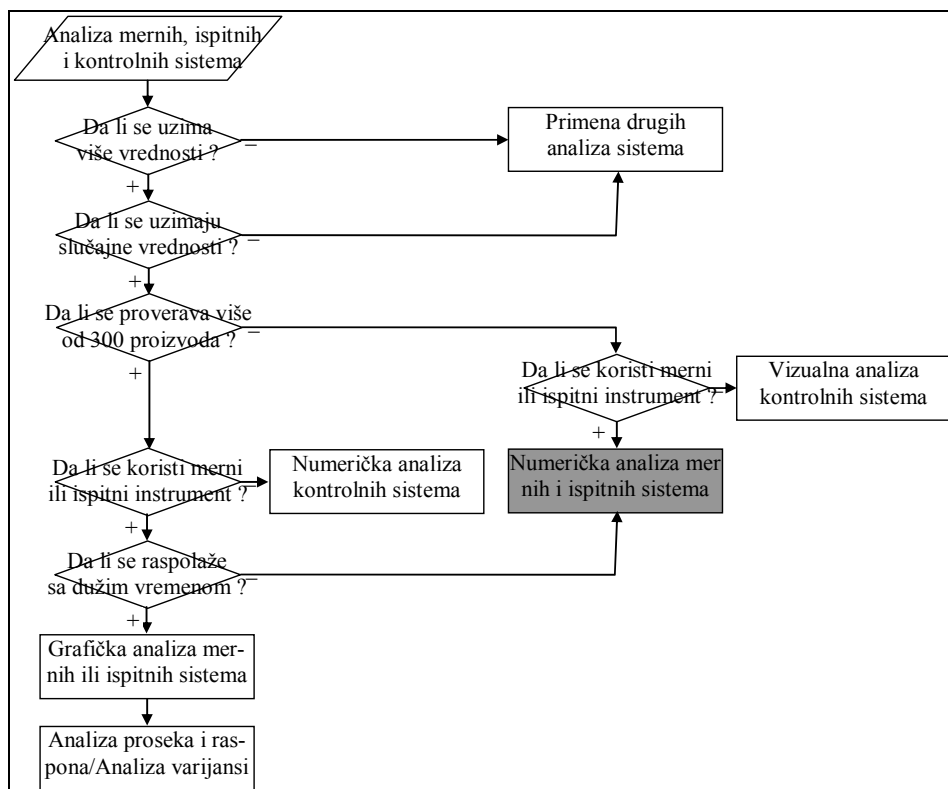
2. IZRAČUNAVANJE GRANICA

Izračunavanje kontrolnih granica [6] izmerenih vrednosti dužine zahteva dosta objašnjenja pa je za

1) Prof.Dr-Ing. Branko Popović, Mašinski fakultet Beograd, mail: popovicb@eunet.yu,

2) Dipl. ec. Dragan Milivojević, gen. direktor, Industrija precizne mehanike, Beograd,

3) Dipl. ing. Dragan Miletić, tehn. direktor, Industrija precizne mehanike, Beograd



Slika 1. Preporučeni postupci analiziranja mernih sistema

primenu u IPM pripremljen poseban formular "Kontrolne granice izmerenih vrednosti dužine" koji znatno olakšava izračunavanje, jer sadrži sve potrebne formule i logične smerove tokova. Na slici 2. prikazan je karakterističan primer izračunavanja kontrolnih granica debljine Zaptivača sa tolerancijom $0,6 \pm 1,0$ mm, uz korišćenje istog Mikrometarskog merila, od strane 3 merilaca, na $n=10$ delova uz $m=2$ merenja.

3. IZRADA KONTROLNIH KARATA

Zatim sledi izrada kontrolnih karata izmerenih vrednosti merilaca, koju olakšava primena posebno pripremljenog formulara "Kontrolne karte izmerenih vrednosti merilaca". Na slici 3. prikazan je primer izrade kontrolnih granica izmerenih vrednosti debljine Zaptivača od strane 3 merilaca (A, B, C), na 10 delova uz 2 merenja

4. PRECIZNOST INSTRUMENTA I MERILACA

Izračunavanje preciznosti instrumenta i merilaca dužine je takođe znatno olakšano primenom formulara "Preciznost instrumenta i merilaca dužina (Gage Repeatability and Reproducibility Report)" koji sadrži sve potrebne formule i logične smerove tokova.

Na slici 4. prikazan je završetak karakterističnog primera izračunavanja preciznosti

instrumenta i merilaca debljine Zaptivača sa tolerancijom, uz korišćenje istog Mikrometarskog merila, od strane 3 merilaca, na 10 delova uz 2 merenja.

Dobijeni su sledeći rezultati:

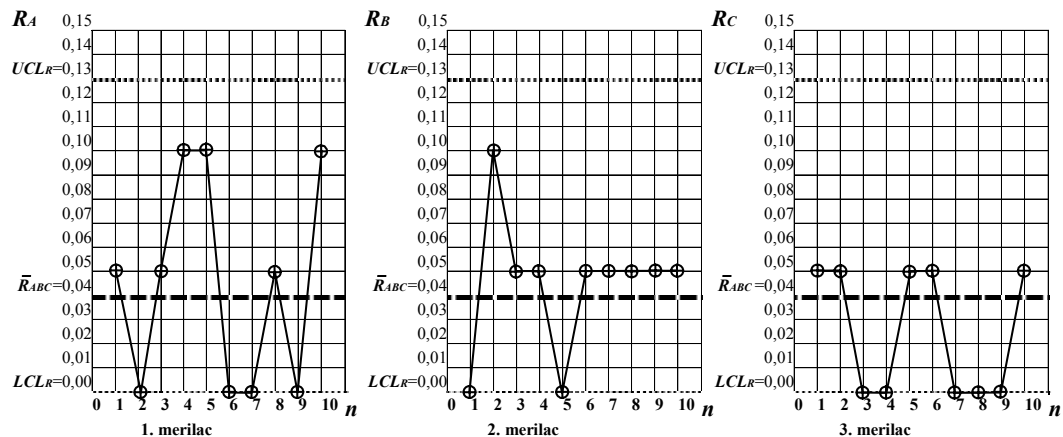
- preciznost instrumenta $EV = 0,18$ mm ($\%EV \cong 19,3$ %),
- preciznost merilaca $AV \cong 0,16$ mm ($\%AV \cong 17,2$ %),
- preciznost instrumenta i merilaca $R\&R \cong 0,24$ mm ($\%R\&R \cong 25,8$ %),
- odstupanje izmerenih vrednosti $PV \cong 0,90$ mm ($\%PV \cong 96,8$ %) kao i
- ukupno odstupanje izmerenih vrednosti dužine $TV \cong 0,93$ mm.

Prihvatljivost mernog sistema je proverena, prema sledećim kriterijumima:

- $\%R\&R \leq 10\%$ \Rightarrow merni sistem je apsolutno prihvatljiv,
- $10\% < \%R\&R \leq 30\%$ \Rightarrow merni sistem je prihvatljiv, zavisno od prisutnih ograničenja (troškovi instrumenta ili dorade) i
- $\%R\&R > 30\%$ \Rightarrow merni sistem nije prihvatljiv jer zahteva poboljšavanje, identifikovanje i rešavanje nastalih problema.

Kako je dobijena preciznost instrumenta i merilaca $\%R\&R \cong 25,8$ %, merni sistem je uslovno prihvatljiv, ukoliko ne postoje prisutna ograničenja (troškovi instrumenta ili dorade).

KONTROLNE KARTE IZMERENIH VREDNOSTI MERILACA (Repeatability Range Control Chart)



Izmerene vrednosti su: unutar kontrolnih granica

Slika 3. Primer izrade kontrolnih karata preciznosti merilaca

5. ZAKLJUČAK

Pri uvođenju podsistema ISO/TS 16949 najbolje je ako se koristi [1],[2],[3] kombinovana dokumentacija, koju čini Tehnička specifikacija ISO/TS 16949 i elementi standarda QS 9000, jer certifikaciju vrše strane ovlašćene institucije [4]. Tehnička specifikacija ISO/TS 16949, za projektovanje, razvoj, proizvodnju i servisiranje proizvoda auto-industrije, nastala je po dokumentaciji podsistema kvaliteta QS-9000: 2002. Dokumentacija QS-9000: 1994 obuhvatala je grupu od tri obavezna uputstva i tri priručnika, koju su zajednički izradila tri velika severno američka proizvođača automobila Chrysler Co, Ford Motor Co i General Motors Co, udružena u Automotive Industry Action Group (AIAG) [4].

Posebno je složena Numerička analiza mernih i ispitnih sistema (Variable measurement system study) za dužine, sa zahtevima: izračunavanja kontrolnih granica izmerenih vrednosti, izrade kontrolnih karata izmerenih vrednost merilaca i izračunavanja preciznosti instrumenta i merilaca, koja je ovde znatno uprošćena.

LITERATURA

- [1] Popović B., Đurović M., Bošković V., Uvođenje sistema sistema kvaliteta ISO/TS 16949 u IPM Beograd, 35. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Mašinski fakultet, Kragujevac (2008) 1-6
- [2] Popović B., Klarin M., Veljković Z., Sistem šest sigma – Processing for Six sigma, Mašinski fakultet, Beograd (2008)
- [3] Popović B., Klarin M., Realizovani kvalitet proizvoda – Quality of Conformance, Mašinski fakultet, Beograd (2007)
- [4] Popović B., Klarin M., Upravljanje proizvodnjom i usluživanjem – Operations Management, Mašinski fakultet, Beograd (2005) 599
- [5] Popović B., Klarin M., Projektovani kvalitet proizvoda– Quality of Design, Mašinski fakultet, Beograd (2003) 315
- [6] Popović B., Klarin M., Procesna kontrola u Sistemu upravljanja kvalitetom-Process Control, Mašinski fakultet, Beograd (2002) 282
- [7] Popović B., Todorović, Z., Izlazna kontrola u Sistemu kvaliteta-Product Control, Nauka, Beograd (2000) 345
- [8] ISO/TS 16949: 2002, Quality systems-- Automotive suppliers-- Particular requirements for the application of ISO 9001: 2000
- [9] Quality system assessment, QSA, Chrysler Co, Ford Motor Co, General Motors Co, Michigan (1998)
- [10] Failure Mode and Effect Analysis, FMEA, Chrysler Co, Ford Motor Co, General Motors Co, Michigan (1995)
- [11] Measurement System Analysis, MSA, Chrysler Co, Ford Motor Co, General Motors Co, Michigan (1995)
- [12] Production Part Approval Process, PPAP, Chrysler Co, Ford Motor Co, General Motors Co, Michigan (1995)
- [13] Advanced Product Quality Planning APQP & Control Plan, Chrysler Co, Ford Motor Co, General Motors Co, Michigan (1994)
- [14] Fundamental SPC, Chrysler Co, Ford Motor Co, General Motors Co, Michigan (1992)

KONTROLNE GRANICE IZMERENIH VREDNOSTI DUŽINE (Gage Repeatability and Reproducibility Data Sheet)

Deo i broj: <i>Ploča, 0123</i>		Naziv instrumenta: <i>Mikrometarsko merilo</i>					Datum merenja: <i>27.IV 2008.</i>										
Merena veličina: <i>debljina</i>		Broj instrumenta: <i>234/5</i>					Merilac: <i>Marko Petrović</i>										
Očekivane vrednosti: <i>0,6±1,0 mm</i>		Opseg merenja: <i>0÷10 mm</i>					Potpis: <i>M. Petrović</i>										
Merilac (r)	Merenje (m)	Delovi (n)										Proseci sred. vrednosti \bar{x}	Ekstremi proseka	Raspon proseka	Sred.vred. raspona	Prosek sr. vredn. \bar{R}	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
A	1	0,65	1,00	0,85	0,85	0,55	1,00	0,95	0,85	1,00	0,60	–	0,8275	0,8275	0,045	0,045	0,04
	2	0,60	1,00	0,80	0,95	0,45	1,00	0,95	0,80	1,00	0,70	–					
	3											–					
	\bar{x}_{An}	0,625	1,00	0,825	0,900	0,500	1,00	0,950	0,825	1,00	0,650	$\bar{x}_A = 0,8275$					
	R_{An}	0,05	0,00	0,05	0,10	0,10	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	⇒					
B	1	0,55	1,05	0,80	0,80	0,40	1,00	0,95	0,75	1,00	0,55	–	0,8275	0,7675	0,06	0,045	0,04
	2	0,55	0,95	0,75	0,75	0,40	1,05	0,90	0,70	0,95	0,50	–					
	3											–					
	\bar{x}_{Bn}	0,550	1,000	0,775	0,775	0,400	1,025	0,925	0,725	0,975	0,525	$\bar{x}_B = 0,7675$					
	R_{Bn}	0,00	0,10	0,05	0,05	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	⇒					
C	1	0,50	1,05	0,80	0,80	0,45	1,00	0,95	0,80	1,05	0,85	–	0,8275	0,8275	0,030	0,030	0,04
	2	0,55	1,00	0,80	0,80	0,50	1,05	0,95	0,80	1,05	0,80	–					
	3											–					
	\bar{x}_{Cn}	0,525	1,025	0,800	0,800	0,475	1,025	0,950	0,800	1,050	0,825	$\bar{x}_C = 0,8275$					
	R_{Cn}	0,05	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	⇒					
Pros.sred \bar{x}_{ABCn}		0,567	1,008	0,800	0,825	0,458	1,017	0,942	0,783	1,008	0,667	$\bar{x}_{ABC} = 0,8075$					
Ekstr.pros. sred						0,458	1,017										
Rasp. pros.sred.		$R_{ABCn} = 1,017 - 0,458 = 0,559 \text{ mm}$															
Gornja granica raspona merilaca $UCL_R = \bar{R}_{ABC} \cdot D_4(m) = 0,04 \cdot 3,287 = 0,131 \text{ mm}$												$D_4(m=2) = 3,267$	$D_4(m=3) = 2,575$				
Donja granica raspona merilaca $LCL_R = \bar{R}_{ABC} \cdot D_3(m) = 0,04 \cdot 0,000 = 0,000 \text{ mm}$												$D_3(m=2) = 0,000$	$D_3(m=3) = 0,000$				

Slika 4. Primer izračunavanja kontrolnih granica izmerenih vrednosti dužine

PRECIZNOST INSTRUMENTA I MERILACA DUŽINE (Gage Repeatability and Reproducibility Report)

Izračunavanje apsolutnih vrednosti					Izračunavanje procentualnih vrednosti				
Preciznost instrumenta (Repeatability, Equipment Variation)									
$EV = \bar{R}_{ABC} K_1 = 0,04 \cdot 4,56 = 0,18$					$\%EV = \frac{EV}{TV} \cdot 100\% = \frac{0,18}{0,93} \cdot 100\% \cong 19,3\%$				
$m=2$ merenja $\Rightarrow K_1 = 4,56$		$m=3$ merenja $\Rightarrow K_1 = 3,05$							
Preciznost merilaca (Reproducibility, Appraiser Variation)									
$AV = \sqrt{\frac{(\bar{x}_{DIFF} \cdot K_2)^2}{i \cdot j} - \frac{EV^2}{2 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{(0,06 \cdot 2,70)^2}{2 \cdot 10} - \frac{0,18^2}{2 \cdot 10}} \cong 0,16$					$\%AV = \frac{AV}{TV} \cdot 100\% = \frac{0,16}{0,93} \cdot 100\% \cong 17,2\%$				
$r=2$ merilaca $\Rightarrow K_2 = 3,65$		$r=3$ merilaca $\Rightarrow K_2 = 2,70$							
Preciznost instrumenta i merilaca (Repeatability & Reproducibility)									
$R \& R = \sqrt{EV^2 + AV^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,16^2} \cong 0,24$					$\%R \& R = \frac{R \& R}{TV} \cdot 100\% = \frac{0,24}{0,93} \cdot 100\% \cong 25,8\%$				
Odstupanje izmerenih vrednosti dužine delova (Part Variation)									
n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_3	3,65	2,70	2,30	2,08	1,93	1,82	1,74	1,67	1,62
$PV = R_{ABCi} \cdot K_3 = 0,559 \cdot 1,62 \cong 0,90$					$\%PV = \frac{PV}{TV} \cdot 100\% = \frac{0,90}{0,93} \cdot 100\% \cong 96,8\%$				
Ukupno odstupanje izmerenih vrednosti dužine delova (Total Variation) $TV = \sqrt{R \& R^2 + PV^2} = \sqrt{0,24^2 + 0,90^2} \cong 0,93$									
Kriterijum prihvatljivosti mernog sistema (Guidelines for acceptance)									
$\% R \& R \leq 10\%$					Merni sistem je prihvatljiv.				
$\% R \& R = 10\% \div 30\%$					Merni sistem je prihvatljiv zavisno od prisutnih ograničenja (troškovi instrumenta ili dorade).				
$\% R \& R > 30\%$					Merni sistem zahteva poboljšavanje. Treba identifikovati i rešiti nastale probleme.				

Zaključak:

Merni sistem sa Kljunastim merilomije prihvatljiv:

- svi rasponi izmerenih vrednosti dužine delova ($R_{A,n}$; $R_{B,n}$; $R_{C,n}$) nalaze se unutar izračunatih kontrolnih granica ($UCL_R = 0,131$; $UCL_L = 0,0$) pa merni sistem može biti dobar.
- prema kriterijumu je $10\% < (\%R \& R = 25,8\%) < 30\%$ pa je merni sistem prihvatljiv zavisno od prisutnih ograničenja (troškovi instrumenta ili dorade).

Slika 6. Primer izračunavanja preciznosti instrumenta i merilaca duž