

Metrološki vodič

SY230 • 6. jun 2005.

Goran Kostić

Merenja su od suštinskog značaja za delatnosti ljudi od trgovine do fundamentalnih nauka. Međunarodna trgovina bila je jedan od važnih razloga za osnivanje Međunarodnog biroa za tegove i mere¹⁾. Za nauku su rezultati merenja činjenice o materijalnom svetu, istinite u granicama greške, na osnovu kojih uobličava svoje teorije pojava.

Sve grane nauke treba pažljivo da odaberu svoj rečnik. Svaki termin mora da ima isto značenje za sve koji ga koriste. Zato, svaki termin mora da izražava precizno određen pojam. prema: [Rečnik] Predgovor; 2)

Sadržaj (sa vezama):

1. Veličine i jedinice 2

- 1.1. (merljiva) veličina 2
- 1.2. veličine iste vrste 2
- 1.3. osnovna veličina 2
- 1.4. izvedena veličina 2
- 1.5. vrednost (veličine) 2
- 1.6. numerička vrednost (veličine) 2
- 1.7. (merna) jedinica 2
- 1.8. osnovna (merna) jedinica 2
- 1.9. izvedena (merna) jedinica 2
- 1.10. koherentna (merna) jedinica 2
- 1.11. Međunarodni sistem jedinica, SI 3
- 1.12. (merna) jedinica van sistema 4
- 1.13. decimalne (merne) jedinice 6
- 1.14. stvarna vrednost (veličine) 6
- 1.15. dogovorena vrednost (veličine) 6

2. Merenja i merila 7

- 2.1. merenje 7
- 2.2. princip merenja 7
- 2.3. metoda merenja 7
- 2.4. postupak merenja 7
- 2.5. merena veličina 7
- 2.6. merilo 7
- 2.7. merni pretvarač 7
- 2.8. svojstvo odziva 7
- 2.9. osetljivost 7
- 2.10. senzor 7
- 2.11. detektor 7
- 2.12. "ide - ne ide" merilo 7
- 2.13. merni signal 7
- 2.14. pokazivanje (merila) 8
- 2.15. baždarenje (merila) 8
- 2.16. merač 8
- 2.17. prikazivač 8
- 2.18. rezolucija 8
- 2.19. opseg pokazivanja 8
- 2.20. merni opseg 8
- 2.21. domašaj 8
- 2.22. transparentnost 8
- 2.23. uticajna veličina 8
- 2.24. stabilnost 8
- 2.25. vreme odziva 8
- 2.26. mrtav opseg 9
- 2.27. histerezis (merila) 9
- 2.28. referentni uslovi 9
- 2.29. radni uslovi 9
- 2.30. granični uslovi 9
- 2.31. greška kontrolne tačke (merila) 9

- 2.32. greška nule (merila) 9
- 2.33. pomeraj (kod merila) 9
- 2.34. sopstvena greška (merila) 9
- 2.35. maksimalna greška (merila) 9
- 2.36. klasa tačnosti 9

3. Rezultati merenja i greške 10

- 3.1. rezultat merenja 10
- 3.2. apsolutna greška 10
- 3.3. relativna greška 10
- 3.4. sistematska greška 10
- 3.5. slučajna greška 10
- 3.6. gruba greška 11
- 3.7. kombinovana greška 11
- 3.8. sabirak korekcije 11
- 3.9. množilac korekcije 11
- 3.10. korekcija 11
- 3.11. nekorigovan rezultat 12
- 3.12. korigovan rezultat 12
- 3.13. ponovljivost (rezultata merenja) 12
- 3.14. reproduktivnost (rezultata merenja) 12
- 3.15. tačnost (merenja) 12
- 3.16. verovatnoća (događaja) 12
- 3.17. raspodela (rezultata merenja) 12
- 3.18. histogram 14
- 3.19. (eksperimentalna) aritmetička sredina 14
- 3.20. (eksperimentalna) standardna devijacija 14
- 3.21. standardna devijacija aritmetičke sredine 15
- 3.22. metoda najmanjih kvadrata 15
- 3.23. interval poverenja (aritmetičke sredine) 16
- 3.24. (eksperimentalna) standardna varijansa 17
- 3.25. (merna) nesigurnost 18

4. Etaloni 19

- 4.1. materijalizovana mera 19
- 4.2. referentni materijal, RM 19
- 4.3. etalon 19
- 4.4. primarni etalon 19
- 4.5. sekundarni etalon 19
- 4.6. transfer etalon 19
- 4.7. referentni etalon 19
- 4.8. radni etalon 19
- 4.9. međunarodni etalon 19
- 4.10. nacionalni etalon 21
- 4.11. etaloniranje 21
- 4.12. sledivost 21

5. Mali srpsko - engleski metrološki rečnik 22

6. Literatura 23

1. Veličine i jedinice

1.1. (merljiva)³⁾ veličina

^{0.} (Merljiva) veličina je svojstvo pojave, tela ili supstancije, koje može da se kvalitativno razlikuje i kvantitativno odredi. [Rečnik] 1.1

^{1.} Termin "veličina" može da se odnosi na veličinu u opštem smislu (dužina, vreme, masa, temperatura...), ili na pojedinačnu veličinu (dužina date šipke, električna otpornost date žice...). prema [Rečnik] 1.1

1.2. veličine iste vrste

^{0.} Veličine iste vrste su veličine koje uzajamno mogu da se porede po vrednosti. prema [Rečnik] 1.1 napomena 2

^{1.} Veličine iste vrste mogu da se grupišu u **kategorije veličina**, na primer:

- energija, rad, količina toplote
- debljina, obim, talasna dužina. prema [Rečnik] 1.1 napomena 3

1.3. osnovna veličina

^{0.} Osnovna veličina je jedna od veličina koje su u datom sistemu veličina dogovorom usvojene kao međusobno funkcionalno nezavisne. prema [Rečnik] 1.3

PRIMER

a) Kao međusobno funkcionalno nezavisne veličine mogu se usvojiti: dužina, masa i vreme. prema [Rečnik] 1.3

1.4. izvedena veličina

^{0.} Izvedena veličina je jedna od veličina koje su u datom sistemu veličina definisane kao funkcija osnovnih veličina tog sistema. prema [Rečnik] 1.4

^{1.} **Dimenzija veličine** je izraz koji pretstavlja veličinu sistema veličina kao proizvod stepenovanih činilaca koji pretstavljaju osnovne veličine tog sistema. [Rečnik] 1.5

1.5. vrednost (veličine)

^{0.} Vrednost (veličine) je kvantitativan iznos pojedinačne veličine. prema [Rečnik] 1.18

^{1.} Vrednost (veličine) se najčešće izražava kao proizvod numeričke vrednosti i merne jedinice pojedinačne veličine. Primer: dužina šipke je 5,34 m. prema [Rečnik] 1.18

^{2.} Veličina koja ne može da se izrazi kao proizvod merne jedinice i broja, može da se izrazi upućivanjem na referentnu skalu ili na određen merni postupak ili na oba. Primeri: pH skala u hemiji; skala tvrdoće prema Mohu; skala oktanskih brojeva za benzin. prema [Rečnik] 1.18

1.6. numerička vrednost (veličine)

^{0.} Numerička vrednost (veličine) je prirodan broj (koji je pozitivan, negativan ili jednak nuli) koji kazuje koliko je puta pojedinačna merljiva veličina veća od merne jedinice navedene uz pomenuti broj. prema [Rečnik] 1.21, ovde je reč "numerička" umesto "brojna"

1.7. (merna) jedinica

^{0.} (Merna) jedinica je dogovorom definisana i usvojena pojedinačna veličina. Sa njom se porede druge veličine iste vrste da bi se numerički izrazile u odnosu na tu veličinu. prema [Rečnik] 1.7

1.8. osnovna (merna) jedinica

^{0.} Osnovna (merna) jedinica je merna jedinica osnovne veličine u datom sistemu. prema [Rečnik] 1.13

1.9. izvedena (merna) jedinica

^{0.} Izvedena (merna) jedinica je merna jedinica izražena kao funkcija osnovnih jedinica u datom sistemu. prema [Rečnik] 1.14 i 1.4

1.10. koherentna (merna) jedinica

^{0.} Koherentna (merna) jedinica je merna jedinica koja može da se izrazi kao proizvod stepenovanih osnovnih jedinica sa koeficijentom proporcionalnosti jednakim jedan. prema [SI] 1.2; delimično u skladu sa [Rečnik] 1.10

¹⁾ Delatnost Međunarodnog biroa za tegove i mere sa sedištem u Sevru kraj Pariza, uspostavljena je od strane 17 država, potpisivanjem diplomatskog ugovora *Convention du Mètre*, u Parizu 20. maja 1875. godine.

²⁾ Rečju "prema" naznačeno je da referenca nije citirana već je korišćena kao osnova. Reference koje nemaju naznaku "prema" potpuno su citirane.

³⁾ Zagrade (), oko pojedinih reči termina, označavaju da ove reči mogu da se izostave ako ne postoji mogućnost da dođe do nejasnoća. prema [Rečnik] objašnjenja

1.11. Međunarodni sistem jedinica, SI

⁰. Međunarodni sistem jedinica, SI, je sistem samo koherentnih jedinica koji je usvojila i preporučuje Generalna konferencija za tegove i mere (CGPM). prema: [SI] 1.2 i [Rečnik] 1.12

¹. Osnovne jedinice SI date su u tabeli 1. prema: [SI] ch. 2 i [Zakon] član 13 i Prilog br. 1

Od sedam osnovnih jedinica SI, metar, kilogram i sekunda, upotrebljavaju se skoro u svim oblastima merenja. Ostale četiri jedinice služe za obrazovanje jedinica veličina koje su specifične za pojedine oblasti:

- amper, za električne i magnetske jedinice
- kelvin, za toplotne jedinice
- kandela, za svetlosne jedinice
- mol, za fizičku hemiju i molekularnu fiziku.

Tabela 1. Osnovne jedinice SI

Osnovna veličina	Osnovna jedinica SI		
	Naziv	Oznaka	Definicija
dužina	metar	m	Metar je dužina putanje koju u vakuumu pređe svetlost za vreme od $1/299\,792\,458$ sekunde.
masa	kilogram	kg	Kilogram je masa međunarodnog etalona kilograma.
vreme	sekunda	s	Sekunda je trajanje od $9\,192\,631\,770$ perioda zračenja koje odgovara prelazu između dva hiperfina nivoa osnovnog stanja atoma cezijuma 133 na temperaturi od 0 K.
električna struja	amper	A	Amper je stalna električna struja koja bi, kada bi se održavala u dva prava paralelna provodnika, neograničene dužine i zanemarljivo malog kružnog poprečnog preseka, koji se nalaze u vakuumu na međusobnom rastojanju od jednog metra, prouzrokovala među tim provodnicima silu jednaku $2 \cdot 10^{-7}$ njutna po metru dužine.
termodinamička temperatura	kelvin	K	Kelvin je termodinamička temperatura koja je jednaka $1/273,16$ termodinamičke temperature trojne tačke vode.
količina gradiva (supstancije)	mol	mol	1. Mol je količina gradiva (supstancije) sistema koji sadrži toliko elementarnih jedinki koliko ima atoma u 0,012 kilograma ugljenika 12. 2. Kada se upotrebljava mol, navode se elementarne jedinice koje mogu biti atomi, molekuli, joni, elektroni i druge čestice ili određene skupine tih čestica.
svetlosna jačina (jačina svetlosti)	kandela	cd	Kandela je svetlosna jačina (jačina svetlosti), u određenom smeru, izvora koji emituje monohromatsko zračenje frekvencije $540 \cdot 10^{12}$ herca i čija je jačina zračenja u tom smeru $1/683$ vata po steradianu.

². Prema Zakonu o mernim jedinicama i merilima u Srbiji i Crnoj Gori upotrebljavaju se samo:

- merne jedinice Međunarodnog sistema jedinica
- merne jedinice van Međunarodnog sistema jedinica koje su predviđene pomenutim zakonom

- decimalne merne jedinice Međunarodnog sistema jedinica. prema [Zakon] član 21

³. Izvedene jedinice SI sa posebnim nazivima i oznakama date su u tabeli 2.

prema [Zakon] član 15; ugao u ravni i prostorni ugao nisu u skladu sa [Zakon] član 16; u skladu sa [SI] 1.2; prema [SI] 2.2.2; na osnovu *The 20th CGPM (1995, Resolution 8; CR, 223 and Metrologia, 1996, 33, 83)*

Tabela 2. Izvedene jedinice SI sa posebnim nazivima i oznakama

Veličina	Naziv	Oznaka	Izraženo drugim jedinicama SI	Izraženo osnovnim jedinicama SI
ugao u ravni	radijan	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
prostorni ugao	steradian	sr		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
frekvencija, učestanost	herc	Hz		s^{-1}
sila	njutn	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pritisak, naprezanje, napon (mehanički)	paskal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
energija, rad, količina toplote	džul	J	$N \cdot m$ $W \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
snaga, fluks zračenja	vat	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
naelektrisanje, količina elektriciteta	kulon	C		$s \cdot A$
električni potencijal, razlika električnih potencijala, napon (električni), elektromotorna sila	volt	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
električna kapacitivnost	farad	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
električna otpornost	om	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
električna provodnost	simens	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
magnetska indukcija	tesla	T	Wb/m^2 $N/(A \cdot m)$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
magnetski fluks	veber	Wb	$V \cdot s$ $T \cdot m^2$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
induktivnost	henri	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celzijusova temperatura ⁴⁾	stepen Celzijusa	$^{\circ}C$		K
svetlosni fluks	lumen	lm	$cd \cdot sr$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
osvetljenost	luks	lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd$
aktivnost radioaktivnog izvora	bekerel	Bq		s^{-1}
apsorbovana doza (jonizujućeg zračenja), specifična predata energija, kerma	grej	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
ekvivalentna doza (jonizujućeg zračenja)	sivert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

⁴⁾ Uz termodinamičku temperaturu T, izraženu u kelvinima, takođe se upotrebljava Celzijusova temperatura t, definisana jednačinom: $t [^{\circ}C] = T [K] - T_0$. Ovde je po definiciji $T_0 = 273,15$ K. Jedinica "stepen Celzijusa" je poseban naziv umesto "kelvin" za izražavanje Celzijusove temperature. Temperaturni interval ili Celzijusova temperaturna razlika može se izraziti u kelvinima kao i u stepenima Celzijusa. prema [Zakon] Prilog br. 2

1.12. (merna) jedinica van sistema

⁰⁾ (Merna) jedinica van sistema je merna jedinica koja ne pripada datom sistemu jedinica. [Rečnik] 1.15

¹⁾ Merne jedinice van Međunarodnog sistema jedinica, čija je upotreba dozvoljena u Srbiji i Crnoj Gori Zakonom o mernim jedinicama i merilima, date su u tabeli 3. prema [Zakon] član 17

Tabela 3. Merne jedinice van SI, čija je upotreba dozvoljena u SR Jugoslaviji

Veličina	Jedinica van SI		Vrednost izražena jedinicama SI	Dozvoljena upotreba samo
	Naziv	Oznaka		
dužina	morska milja		1 morska milja = 1 852 m	u pomorskom, rečnom i vazdušnom saobraćaju
	astronomska jedinica		1 astronomska jedinica = $1,495\,978\,7 \cdot 10^{11}$ m, približno	u astronomiji
	svetlosna godina		1 svetlosna godina = $9,460\,730 \cdot 10^{15}$ m, približno	
	parsek	pc	1 pc = $30,856\,78 \cdot 10^{15}$ m, približno	
površina	ar	a	1 a = 100 m^2	za izražavanje površine zemljišta
	hektar	ha	1 ha = $10\,000\text{ m}^2$	
zapremina	litar	l, L	1 l = 1 L = 10^{-3} m^3	
ugao u ravni	stepen (ugaoni)	°	1° = $(\pi/180)$ rad	
	minuta, minut (ugaoni)	'	1' = $(\pi/10\,800)$ rad	
	sekunda, sekund (ugaoni)	"	1" = $(\pi/648\,000)$ rad	
	gon	g	1 g = $(\pi/200)$ rad	
masa	tona	t	1 t = 10^3 kg	
	unificirana jedinica atomske mase ⁵⁾	u	1 u = $1,660\,54 \cdot 10^{-27}$ kg, približno	
podužna (linijska) masa	teks	tex	1 tex = 10^{-6} kg/m	za izražavanje podužne mase tekstilnog vlakna i konca
vreme	minuta, minut	min	1 min = 60 s	
	sat, čas	h	1 h = 3 600 s	
	dan	d	1 d = 86 400 s	
	sedmica mesec i godina Gregorijanskog kalendara			
brzina	čvor		1 čvor = 1 852 / 3 600 m/s	u pomorskom, rečnom i vazdušnom saobraćaju
pritisak	bar	bar	1 bar = 10^5 Pa	
	milimetar živinog stuba	mmHg	1 mmHg = 101 325 / 760 Pa	u zdravstvu za izražavanje krvnog pritiska
energija	elektronvolt ⁶⁾	eV	1 eV = $1,602\,177 \cdot 10^{-19}$ J, približno	
snaga	voltamper	VA	1 VA = 1 W	za izražavanje prividne snage električne naizmjenične struje
	var	var	1 var = 1 W	za izražavanje električne reaktivne snage

⁵⁾ Unificirana jedinica atomske mase jednaka je 1/12 mase atoma nukleida ¹²C.

⁶⁾ Kinetička energija koju primi elektron pri prolazu u vakuumu kroz polje potencijalne razlike od jednog volta.

1.13. decimalne (merne) jedinice

^{0.} Decimalne (merne) jedinice su decimalni umnošci mernih jedinica. prema [Zakon] član 21

^{1.} Decimalne merne jedinice SI jedinica, nisu **koherentne** sa samim SI jedinicama. prema [SI] 1.3

^{2.} Oznake decimalnih jedinica obrazuju se stavljanjem predmetaka ispred mernih jedinica. Predmeci koji pripadaju Međunarodnom sistemu jedinica nazivaju se **predmeci SI**. Njihove oznake, nazivi i vrednosti navedeni su u tabeli 4. prema [Zakon] član 21; u skladu sa: [SI] 3.1

Tabela 4. Predmeci SI

Oznaka	Naziv	Numerička vrednost
Y	jota	10^{24}
Z	zeta	10^{21}
E	eksa	10^{18}
P	peta	10^{15}
T	tera	10^{12}
G	giga	10^9
M	mega	10^6
k	kilo	10^3
h	hekto	10^2
da	deka	10^1
d	deci	10^{-1}
c	centi	10^{-2}
m	mili	10^{-3}
μ	mikro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	piko	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	ato	10^{-18}
z	zepto	10^{-21}
y	jokto	10^{-24}

^{3.} Prema Zakonu o mernim jedinicama i merilima u Srbiji i Crnoj Gori upotrebljavaju se samo predmeci SI. prema [Zakon] član 21

^{4.} Predmeci SI mogu se upotrebljavati ispred:

- osnovnih jedinica SI, izuzev jedinica za masu
- izvedenih jedinica SI koje imaju poseban naziv i oznaku, osim jedinice za Celzijusovu temperaturu nije u skladu sa [SI] Table 3 (d)
- narednih mernih jedinica van jedinica SI: litar, tona, teks, bar, elektronvolt, voltamper i var. [Zakon] prilog 5

^{5.} Ispred merne jedinice može da se upotrebi samo jedan predmetak SI. prema [Zakon] prilog 5

^{6.} Oznaka predmetka SI i oznaka merne jedinice pišu se zajedno. [Zakon] prilog 6

^{7.} Naziv predmetka SI i naziv merne jedinice pišu se zajedno kao jedna reč. prema [Zakon] prilog 6

^{8.} Jedinica sa predmetkom pretstavlja novi simbol, pa se može podignuti na stepen bez upotrebe zagrade prema [Zakon] prilog 5. Primeri: cm^3 , μs^{-1} .

^{9.} Oznake mernih jedinica ne menjaju se u množini niti po padežima. [Zakon] prilog 6

^{10.} Kod mernih jedinica koje se obrazuju međusobnim deljenjem dveju mernih jedinica, kao simbol deljenja može se upotrebiti horizontalna crta (—), ili kosa crta (/), ali samo jedanput; takođe se može upotrebiti izložilac sa negativnim predznakom. prema [Zakon] prilog 6

^{11.} Iz istorijskih razloga, među osnovnim jedinicama SI, jedinica kilogram je jedina čiji naziv sadrži predmetak ("k"). prema [SI] 3.2

^{12.} Predmeci SI strogo se odnose na stepen desetice. Predmeci se ne mogu koristiti da označe stepen dvojke. Primer: kilobit pretstavlja 1000, a ne 1024, bitova. prema [SI] 3.1

^{13.} Pored decimalnih jedinica koriste se i **nedecimalni umnožak i deo (merne) jedinice**. Primer: nedecimalni umnožak sekunde je sat. prema [Rečnik] 1.16 i 1.17

1.14. stvarna vrednost (veliĉine)

^{0.} Stvarna vrednost (veliĉine) je vrednost saglasna sa definicijom date pojedinaĉne veliĉine. prema [Rečnik] 1.19, ovde je reĉ "stvarna" umesto "prava"

^{1.} Stvarna vrednost veliĉine može da bude izmerena samo sa **greškom**, odnosno **nesigurnošću**, koje mogu da budu proizvoljno male, ali ne nula.

1.15. dogovorena vrednost (veliĉine)

^{0.} Dogovorena vrednost (veliĉine) je vrednost pripisana pojedinaĉnoj veliĉini za koju je, ponekad dogovorom, usvojeno da za datu primenu ima odgovarajuću nesigurnost. prema [Rečnik] 1.20

PRIMER

a) U datom mestu, vrednost pripisana veliĉini ostvarenoj pomoću referentnog etalona može da se smatra dogovorenom vrednošću. prema [Rečnik] 1.20

2. Merenja i merila

2.1. merenje

⁰. Merenje je skup postupaka čiji je cilj određivanje **vrednosti veličine**. prema [Rečnik] 2.1

¹. **Posredno merenje** je skup postupaka kojim se određuje vrednost veličine na osnovu dva ili više **rezultata merenja**. Pomenuti rezultati merenja, i eventualno potrebne fizičke konstante, nazivaju se **komponente merenja** ili **komponentne veličine**.

2.2. princip merenja

⁰. Princip merenja je naučna osnova merenja. [Rečnik] 2.3

2.3. metoda merenja

⁰. Metoda merenja je zamisao načina realizacije principa merenja.

2.4. postupak merenja

⁰. Postupak merenja je logičan niz radnji koje se obavljaju radi merenja u skladu sa datom metodom merenja. prema [Rečnik] 2.5

2.5. merena veličina

⁰. Merena veličina je pojedinačna veličina koja se meri. [Rečnik] 2.6

¹. Zahtevana tačnost merenja određuje koliko detaljno treba da bude data **definicija merene veličine**. Primer: pri merenju dužine metalne šipke sa relativnom greškom oko $1 \cdot 10^{-6}$, definicija merene veličine sadrži i temperaturu šipke. prema [GUM] 3.1.3

2.6. merilo

⁰. Merilo je uređaj namenjen za merenje, sam ili u sklopu sa drugim uređajem (uređajima). [Rečnik] 4.1

2.7. merni pretvarač

⁰. Merni pretvarač je merilo koje obezbeđuje određen odnos između ulazne i izlazne veličine. prema [Rečnik] 4.3

PRIMERI

- a) Termopar. [Rečnik] 4.3
- b) Strujni transformator. [Rečnik] 4.3
- c) pH elektroda. [Rečnik] 4.3

2.8. svojstvo odziva

⁰. Svojstvo odziva je odnos između ulazne i izlazne veličine pri određenim uslovima. prema [Rečnik] 5.9

PRIMER

a) Svojstvo odziva je napon termopara u zavisnosti od temperature. prema [Rečnik] 4.15

2.9. osetljivost

⁰. Osetljivost je promena izlazne veličine podeljena odgovarajućom promenom ulazne veličine. prema [Rečnik] 5.10

2.10. senzor

⁰. Senzor je merni pretvarač kome je ulazna veličina merena veličina. prema [Rečnik] 4.14

PRIMERI

- a) Spoj termopara.
- b) Rotor turbinskog mernog pretvarača protoka. prema [Rečnik] 4.14

2.11. detektor

⁰. Detektor je uređaj ili supstancija koja ukazuje na prisustvo određene pojave, ali ne daje i njenu vrednost. prema [Rečnik] 4.15, ovde je "ne daje" umesto "ne mora da daje"

PRIMERI

- a) Lakmusov papir. [Rečnik] 4.15

2.12. "ide - ne ide" merilo

⁰. "Ide - ne ide" merilo je merilo koje pokazuje (daje) jednu vrednost veličine i koristi se za utvrđivanje da li je merena veličina manja ili veća od njegovog pokazivanja. prema [Britannica]

¹. "Ide - ne ide" merila imaju oblik: pločica, račvi, prstenova, šipki, čaura, konusa, profila navoja, itd.

2.13. merni signal

⁰. Merni signal je veličina koja pretstavlja merenu veličinu sa kojom je funkcionalno povezana. [Rečnik] 2.8

PRIMER

- a) Merni signal je električni izlazni signal pretvarača pritiska. [Rečnik] 2.8

2.14. pokazivanje (merila)

⁰. Pokazivanje (merila) je vrednost veličine koju daje merilo. ^{[Rečnik] 3.2}

¹. Veličina može da bude merni signal, ili neka druga veličina koja se koristi za izračunavanje vrednosti merene veličine. ^{prema [Rečnik] 3.2}

². Vrednost očitana sa prikazivača naziva se **neposredno pokazivanje** i množi se konstantom merila da bi se dobilo pokazivanje. ^{[Rečnik] 3.2}

³. Pokazivanje materijalizovane mere je vrednost koja joj je pripisana. ^{prema [Rečnik] 3.2}

2.15. baždarenje (merila)

⁰. Baždarenje (merila) je postupak zadavanja pokazivanja na osnovu poznate dogovorene vrednosti ulazne veličine. ^{prema [Rečnik] 4.29}

2.16. merač

⁰. Merač je merilo koje obezbeđuje pokazivanje.

2.17. prikazivač

⁰. Prikazivač je deo merila koji prikazuje pokazivanje. ^{prema [Rečnik] 4.12}

¹. Ovaj termin može da označava komponentu pomoću koje se prikazuje ili podešava vrednost materijalizovane mere. ^{prema [Rečnik] 4.12}

2.18. rezolucija

⁰. Rezolucija je najmanja razlika u pokazivanju koja može jasno da se uoči. ^{prema [Rečnik] 5.12}

PRIMER

a) Najčešće je korak cifarskog (digitalnog) prikazivača jednak cifri najmanje težine (krajnja desna cifra), pa je tada rezolucija takođe jednaka cifri najmanje težine. ("Korak" cifarskog prikazivača može da bude veći, ali ne i manji, od cifre najmanje težine.)

2.19. opseg pokazivanja

⁰. Opseg pokazivanja je skup vrednosti ograničen krajnjim pokazivanjima. ^{[Rečnik] 4.19}

2.20. merni opseg

⁰. Merni opseg je skup vrednosti merene veličine za koje greška merila leži unutar određenih granica. ^{prema [Rečnik] 5.4}

2.21. domašaj

⁰. Domašaj je vrednost krajnjeg pokazivanja i to onog većeg po modulu.

2.22. transparentnost

⁰. Transparentnost je odlika merila da ne menja merenu veličinu. ^{prema [Rečnik] 5.15}

PRIMER

a) Vaga je transparentna. ^{[Rečnik] 5.15}

b) Otporni senzor koji greje medijum čiju temperaturu treba da meri nije transparentan. ^{prema [Rečnik] 5.15}

2.23. uticajna veličina

⁰. Uticajna veličina je veličina koja nije merena veličina, ali koja utiče na rezultat merenja. ^{[Rečnik] 2.7}

PRIMERI

a) Temperatura mikrometarskog zavrtnja je uticajna veličina pri merenju dužine. ^{prema [Rečnik] 2.7}

b) Frekvencija merenog napona je uticajna veličina pri merenju veličine napona. ^{prema [Rečnik] 2.7}

2.24. stabilnost

⁰. Stabilnost je numerički izražena odlika merila da očuva svoja metrološka svojstva pri dejstvu uticajne veličine. ^{prema [Rečnik] 5.14}

¹. **Nestabilnost pri starenju** je nestabilnost tokom vremena. Nestabilnost pri starenju se često skraćeno naziva **nestabilnost**. ^{prema [Rečnik] 5.14}

². Nestabilnost pri promeni temperature ambijenta naziva se **temperaturna nestabilnost**.

2.25. vreme odziva

⁰. Interval vremena od trenutka kada ulazna veličina pretrpi određenu brzu promenu, do trenutka kada izlazna veličina dostigne blizinu konačne stabilne vrednosti i ostane u određenim granicama u blizini nje. ^{prema [Rečnik] 5.17}

2.26. mrtav opseg

⁰. Mrtav opseg je najveći interval unutar koga može da se menja ulazna veličina u oba smera, a da ne proizvede promenu izlazne veličine merila. prema [Rečnik] 5.13, ovde je reč "opseg" umesto reči "zona"

2.27. histerezis (merila)

⁰. Histerezis (merila) je razlika pokazivanja, pri istoj merenoj veličini, kada se do merene veličine došlo povećavanjem merene vrednosti, i kada se do merene vrednosti došlo smanjivanjem merene vrednosti.

2.28. referentni uslovi

⁰. Referentni uslovi su uslovi upotrebe propisani za ispitivanje mogućnosti merila ili za međusobno poređenje rezultata merenja. [Rečnik] 5.7

¹. Referentni uslovi mogu da obuhvataju pojedinu **referentnu vrednost**, ili **referentni opseg** uticajne veličine. prema [Rečnik] 5.7

2.29. radni uslovi

⁰. Radni uslovi su uslovi upotrebe za koje određena metrološka svojstva merila leže unutar navedenih granica. prema [Rečnik] 5.5

¹. Radni uslovi su najčešće opisani opsezima, ili nazivnim vrednostima merene veličine i uticajnih veličina. prema [Rečnik] 5.5

2.30. granični uslovi

⁰. Granični uslovi su ekstremni uslovi koje merilo treba da izdrži bez oštećenja i bez gubljenja svojih određenih metroloških svojstava za kasniju upotrebu u radnim uslovima rada. [Rečnik] 5.6

¹. Granični uslovi za skladištenje, prevoz i rad, mogu biti različiti. [Rečnik] 5.6

2.31. greška kontrolne tačke (merila)

⁰. Greška kontrolne tačke (merila) je greška merila pri određenom pokazivanju koje je izabrano za kontrolu merila, ili pri određenoj vrednosti merene veličine koja je izabrana za kontrolu merila. prema [Rečnik] 5.22

2.32. greška nule (merila)

⁰. Greška nule (merila) je apsolutna greška kontrolne tačke za nultu vrednost merene veličine. prema [Rečnik] 5.23

2.33. pomeraj (kod merila)

⁰. Pomeraj (kod merila) je sistematska greška pokazivanja merila. prema [Rečnik] 5.25, ovde je reč "pomeraj" umesto reči "pomerenost"

¹. Uobičajeno je da se pomeraj kod merila izračunava usrednjavanjem greške pokazivanja na odgovarajućem broju ponovljenih merenja. prema [Rečnik] 5.25

2.34. sopstvena greška (merila)

⁰. Sopstvena greška (merila) je greška merila određena u referentnim uslovima. [Rečnik] 5.24

2.35. maksimalna greška (merila)

⁰. Maksimalna greška (merila) je najveća greška koju može da ima određeno merilo prema tehničkim podacima ili propisima. prema [Rečnik] 5.21

2.36. klasa tačnosti

⁰. Klasa tačnosti je klasa merila koja zadovoljavaju određene metrološke zahteve čija je svrha da se greške održe unutar određenih granica. prema [Rečnik] 5.19

¹. Klasa tačnosti se označava oznakom usvojenom dogovorom. Oznaka se naziva **oznaka klase**. prema [Rečnik] 5.19

PRIMERI

a) Merila električnih veličina razvrstana su u više klasa tačnosti sa oznakama: 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 i 5,0. Kod većine vrsta ovih merila klasa tačnosti pretstavlja moduo maksimalne relativne greške u procentima, pri krajnjem pokazivanju merila (domašaju). Kod tih merila moduo apsolutne greške u celom mernom opsegu ne sme da pređe moduo maksimalne apsolutne greške pri krajnjem pokazivanju merila (domašaju).

b) Kod tegova, klase tačnosti se označavaju sa: E_1 (relativna greška $0,5 \cdot 10^{-6}$); E_2 ($1,5 \cdot 10^{-6}$); F_1 ; F_2 ; M_1 ; M_2 ($160 \cdot 10^{-6}$, $200 \cdot 10^{-6}$ i $250 \cdot 10^{-6}$).

3. Rezultati merenja i greške

3.1. rezultat merenja

0. **Rezultat merenja** je vrednost **pripisana** merenoj veličini, dobijena merenjem. [Rečnik] 3.1

1. **Posredni rezultat merenja** je vrednost dobijena na osnovu dva ili više rezultata merenja.

2. Rezultat merenja prema nivou obrade, a time i tačnosti, ide od **polaznog rezultata** (npr. pokazivanja merila), preko **među-rezultata** (**nekorigovanog rezultata**, korigovanog rezultata...) do **krajnjeg rezultata merenja** (rezultata merenja).

Obrada rezultata merenja i izračunavanje greške ili **merne nesigurnosti** rezultata, navodi se u standardizovanom postupku merenja.

3. Kada se daje rezultat, treba da se jasno **navede** kojom se obradom do njega došlo. prema [Rečnik] 3.1

4. Potpuno iskazivanje rezultata merenja obuhvata podatke o mernoj nesigurnosti. prema [Rečnik] 3.1

3.2. apsolutna greška

0. **Apsolutna greška** ima vrednost datu donjim obrascem. prema [Rečnik] 3.10

Apsolutna_greška = Rezultat_merenja – Vrednost_merene_veličine

1. Apsolutna_greška = Sistematska_greška + Slučajna_greška prema [Rečnik] 3.14

2. S obzirom da vrednost merene veličine ne može da se odredi, u praksi se koristi dogovorena vrednost. [Rečnik] 3.10

3. Apsolutna greška je imenovan broj (za razliku od relativne greške). Merena veličina i njena apsolutna greška su iste vrste.

4. Apsolutnu grešku ne treba mešati sa modulom greške (apsolutne ili relativne). prema [Rečnik] 3.10

3.3. relativna greška

0. **Relativna greška** ima vrednost datu donjim obrascem. prema [Rečnik] 3.12

Relativna_greška = $\frac{\text{Apsolutna_greška}}{\text{Vrednost_merene_veličine}}$

1. S obzirom da vrednost merene veličine ne može da se odredi, u praksi se koristi dogovorena vrednost. [Rečnik] 3.12

2. Uobičajeno je da se relativna greška izražava u procentima (%). Relativna **greška izražena u procentima** je relativna greška pomnožena sa 100.

3. Kod relativne greške izražene u obliku “**G po 10ⁱ**”, broj *G* je relativna greška pomnožena sa 10^{*i*}, broj *i*, je ceo i pozitivan.

4. Kod relativne greške izražene u obliku “**G · 10⁻ⁱ**”, broj *G* je relativna greška pomnožena sa 10^{*i*}, broj *i*, je ceo i pozitivan.

5. Ne treba koristiti PPM i naročito PPB, jer reč “bilion” nema međunarodnu definiciju.

3.4. sistematska greška

0. Sistematska greška je srednja vrednost, koja bi se dobila beskonačnim brojem merenja iste merene veličine obavljenih u uslovima ponovljivosti, minus vrednost merene veličine. prema [Rečnik] 3.14

1. Sistematska_greška = Apsolutna_greška – Slučajna_greška prema [Rečnik] 3.14

2. Kao i vrednost veličine, tako i sistematska greška i njeni uzroci ne mogu biti u potpunosti poznati. [Rečnik] 3.14

3. U praksi se sistematska greška izračunava kao razlika **aritmetičke sredine** vrednosti pripisanih **etalonirajućem** merilu klijenta, od strane klijenta, i aritmetičke sredine vrednosti pripisanih etalonirajućem merilu od strane metrološke laboratorije sa **referentnim etalomom**. Pripisivane vrednosti za izračunavanje aritmetičkih sredina su iz dužeg vremenskog perioda. prema [NIST]

4. Sistematska greška pokazivanja merila naziva se pomeraj merila. prema [Rečnik] 5.25.

3.5. slučajna greška

0. Slučajna greška je pojedinačni rezultat merenja minus **aritmetička sredina** koja bi se dobila beskonačnim brojem merenja iste merene veličine obavljenih u uslovima ponovljivosti. prema [Rečnik] 3.13

1. Slučajna_greška = Apsolutna_greška – Sistematska_greška prema [Rečnik] 3.13

2. S obzirom da može da se obavi samo konačan broj merenja, moguće je odrediti samo procenu slučajne greške. ^{[Rečnik] 3.13}

3. Povećavanjem broja merenja iste merene veličine i usrednjavanjem rezultata merenja, uticaj slučajnih grešaka na krajnji rezultat merenja može da se umanja po želji, ali ne i da se svede na nulu. Videti obrazac (6).

3.6. gruba greška

0. Gruba greška je rezultat merenja za koji je utvrđeno proverama da ga ne treba svrstati među podatke.

1. Povremeno se među rezultatima merenja mogu naći vrednosti koje izgledaju neobično velike ili male u poređenju sa ostalim vrednostima. Te vrednosti mogu da budu npr. posledica pogrešnog očitavanja ili zapisivanja rezultata, ali mogu da budu i važeće. Vrednosti koje "odskaču" od ostalih treba pažljivo proveriti i odbaciti ako se proceni da ih ne treba svrstati među ostale podatke. ^{prema [Britannica]}

2. Običaj je da se smatraju grubim greškama i odbacuju, rezultati koji odstupaju od [aritmetske sredine](#) \bar{x} , više od trostruke [eksperimentalne standardne devijacije](#) s , dakle koji su van intervala $\bar{x} \pm 3s$ ^{prema [Britannica]}. Posle odbacivanja tih pojedinačnih rezultata, računaju se novi rezultati merenja, na osnovu preostalih pojedinačnih rezultata, i oni se mogu smatrati valjanim.

3.7. kombinovana greška

0. Kombinovana (ili složena) greška je ukupna greška, [posrednog merenja](#), ili merila, nastala kao posledica grešaka [komponentata merenja](#). termin "kombinovana" je ovde uveden po analogiji sa "kombinovana nesigurnost"

1. Kombinovana greška može da se odredi tako što se za jednačinu za računanje merne veličine odrede izvodi po svakoj od međusobno nezavisnih veličina komponentata merenja. Kombinovana apsolutna greška jednaka je zbiru izvoda pomnoženih odgovarajućim apsolutnim greškama komponentata merenja. Videti naredni primer.

PRIMER

a) Etalon napona $U_2 = 196,078$ mV, realizovan je etalomom napona $U_1 = 10$ V, i razdelnikom napona sa otpornicima etalonima $R_1 = 10$ k Ω i $R_2 = 200$ Ω . Poznati su moduli maksimalnih apsolutnih grešaka etalona

napona $dU_1 = 3,0$ mV, i otpornika $dR_1 = 0,40$ Ω i $dR_2 = 5,0$ m Ω . Izračunati moduo maksimalne apsolutne greške napona U_2 .

$$U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

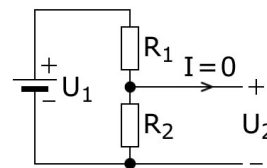
$$\frac{\partial U_2}{\partial U_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial R_1} = -U_1 \frac{R_2}{(R_1 + R_2)^2}$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial R_2} = U_1 \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2}$$

$$dU_2 = \frac{\partial U_2}{\partial U_1} dU_1 + \frac{\partial U_2}{\partial R_1} dR_1 + \frac{\partial U_2}{\partial R_2} dR_2$$

$$\max |dU_2| = |58,8\mu\text{V}| + |-7,7\mu\text{V}| + |4,8\mu\text{V}| = 71,3\mu\text{V}$$



3.8. sabirak korekcije

0. Sabirak korekcije (aditivna korekcija) je broj koji se algebarski dodaje nekorigovanom rezultatu merenja da bi se korigovala sistematska greška. ^{prema [Rečnik] 3.15. u kome je naziv "korekcija"}

1. Sabirak korekcije je jednak negativnoj vrednosti sistematske greške. ^{prema [Rečnik] 3.15}

2. Pošto sistematska greška ne može da bude savršeno poznata, korekcija ne može da bude potpuna. ^{prema [Rečnik] 3.15}

3.9. množilac korekcije

0. Množilac korekcije (koeficijent korekcije) je broj kojim se množi nekorigovan rezultat merenja da bi se korigovala sistematska greška. ^{prema [Rečnik] 3.16, u kome je naziv "faktor korekcije"}

1. Pošto sistematska greška ne može da bude savršeno poznata, korekcija ne može da bude potpuna. ^{prema [Rečnik] 3.15}

3.10. korekcija

0. Korekcija (izravnanje) je postupak za ispravljanje rezultata merenja radi otklanjanja sistematskih greška.

PRIMERI

a) Opis postupka za korigovanje rezultata merenja može da glasi:

"Za pokazivanja termometra u opsegu od 20 °C do 150 °C:

- 1.) Sabirak korekcije $-0,2$ °C.
- 2.) Množilac korekcije 1,0012."

b) Korigovanje rezultata merenja može da bude obavljeno samo sabirkom korekcije koji je u obliku polinoma. Polinom može da bude određen [metodom najmanjih kvadrata](#) na osnovu grešaka za više poznatih vrednosti merene veličine u intervalu od interesa ili celom mernom opsegu prema [GUM] H.3.

3.11. nekorigovan rezultat

⁰. Nekorigovan rezultat (**neizravnati rezultat**) je rezultat merenja pre korekcije za sistematsku grešku. prema: [Rečnik] 3.3 i [Perišić komunikacija]

3.12. korigovan rezultat

⁰. Korigovan rezultat (**izravnati rezultat**) je rezultat merenja posle korekcije za sistematsku grešku. prema: [Rečnik] 3.4 i [Perišić komunikacija]

3.13. ponovljivost (rezultata merenja)

⁰. Ponovljivost (rezultata merenja) označava nivo bliskosti rezultata uzastopnih merenja iste merene veličine u istim uslovima merenja. prema [Rečnik] 3.6

¹. **Uslovi ponovljivosti** obuhvataju: isti postupak merenja, isti posmatrač, isto merilo upotrebljeno u istim uslovima, isto mesto, i ponavljanje u kratkom vremenskom periodu. [Rečnik] 3.6

². Termin **preciznost** ne treba koristiti umesto termina ponovljivost, jer se termin preciznost pogrešno koristi za [tačnost](#).

3.14. reproduktivnost (rezultata merenja)

⁰. Reproductivnost (rezultata merenja) iste merene veličine, označava nivo bliskosti rezultata dobijenih merenjima u promenjenim uslovima. prema [Rečnik] 3.7

¹. Za valjano iskazivanje reproduktivnosti, neophodno je da se odrede uslovi koji se menjaju. [Rečnik] 3.7

Uslovi koji se menjaju mogu da obuhvataju: princip merenja, metodu merenja, posmatrača, merilo, referentni etalon, mesto, uslove upotrebe, i vreme. [Rečnik] 3.7

². Uobičajeno je da se pri određivanju reproduktivnosti razmatraju korigovani rezultati. prema Rečnik] 3.7

3.15. tačnost (merenja)

⁰. Tačnost (merenja) je kvalitativan pojam koji označava nivo bliskosti rezultata merenja i vrednosti merene veličine. prema [Rečnik] 3.5

¹. Termin preciznost se pogrešno koristi za tačnost. prema [Rečnik] 3.5

3.16. verovatnoća (događaja)

⁰. Ukupan broj ponovljenih eksperimenata označimo sa U, a broj eksperimenata u kojima se ostvario događaj A označimo sa N. Za pomenute eksperimente verovatnoća događaja A, označimo je sa P, jednaka je količniku broja eksperimenata u kojima se ostvario događaj A i ukupnog broja eksperimenata:

$$P = \frac{N}{U}$$

¹. $0 \leq \text{Verovatnoća_događaja} \leq 1$

². Događaj A je **nezavisan** od događaja B ako ostvarenje događaja B ne menja verovatnoću događaja A. prema: [Pantić] str. 18

³. Ako su dva ili više događaja nezavisni, verovatnoća njihovog zajedničkog pojavljivanja jednaka je proizvodu njihovih pojedinačnih verovatnoća. prema [Pantić] str. 18

⁴. Zbir verovatnoća dva događaja koji se međusobno isključuju je 1. prema [Pantić] str. 17

3.17. raspodela (rezultata merenja)

⁰. Raspodela (rezultata merenja) je funkcija f, od merene veličine x, koja daje gustinu verovatnoće (tj. verovatnoću po Δx) da rezultat merenja uzme vrednost iz intervala Δx . Verovatnoća da rezultat merenja uzme vrednost iz intervala Δx , proporcionalna je širini tog intervala i takođe vrednosti funkcije na tom intervalu $f(x_i)$. prema: [Ivković] str. 21 i [Pantić] str. 78

¹. Sve funkcije raspodela su nenegativne za sve vrednosti merene veličine. Integral svake funkcije raspodele, u intervalu $-\infty$ do $+\infty$, jednak je 1 (jer je verovatnoća da podaci uzmu vrednost iz intervala $-\infty$ do $+\infty$ jednaka 1).

². U slučaju relativno velikog broja bilo kojih nezavisnih uzoraka, ili rezultata merenja iste merene veličine, normalna raspodela (tj. **Gausova (Gauss) raspodela**) je najčešća raspodela prema [Ivković] str. 68. Normalna raspodela

je takođe najčešća raspodela i relativno velikog broja (više od oko 30) rezultata merenja fizičkih i hemijskih veličina ^{prema [Britannica]}. Ta činjenica je u skladu sa onim što se vidi na prvi pogled: pri merenjima se češće pojavljuju rezultati sa manjim nego sa većim greškama i najčešće je jednak broj pozitivnih i negativnih grešaka.

Rezultujuća greška nekog merenja je zbir velikog broja nezavisnih grešaka, pri čemu je udeo svake od njih u celom zbiru mali. Tada, na osnovu centralne granične teoreme, takva rezultujuća nezavisna promenljiva ima približno normalnu raspodelu. Otuda slučajne greške imaju skoro redovno približno normalnu raspodelu. Ako se pojavi značajnije odstupanje od normalne raspodele, to uobičajeno znači da je neki sabirak u rezultujućoj greški, čija je raspodela u pitanju, značajniji veći od ostalih. [Ivković] str. 60 i prema [GUM] G.2.2

Normalna raspodela $\varphi(x)$, sa aritmetičkom sredinom μ , i standardnom devijacijom σ , kao parametrima, data je funkcijom (1) i ilustrovana slikom 1. ^{prema [GUM] Č.2.14}

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Funkcija normalne raspodele je "simetrično opadajuća" od aritmetičke sredine μ .

^{3.} Od ukupnog broja rezultata, izvestan broj rezultata uzima vrednosti iz određenog intervala oko aritmetičke sredine. Količnik broja rezultata koji uzimaju vrednost iz pomenutog intervala, i ukupnog broja rezultata je verovatnoća koja se naziva nivo poverenja. Pomenut interval naziva se interval poverenja.

U slučaju normalne raspodele, sa aritmetičkom sredinom μ , i standardnom devijacijom σ , kada je željeni nivo poverenja β , interval poverenja je dat izrazom (2).

$$[\mu - k \cdot \sigma, \mu + k \cdot \sigma] \quad (2)$$

Broj k naziva se **koeficijent obuhvata**. Veza između β i k data je funkcijom (3).

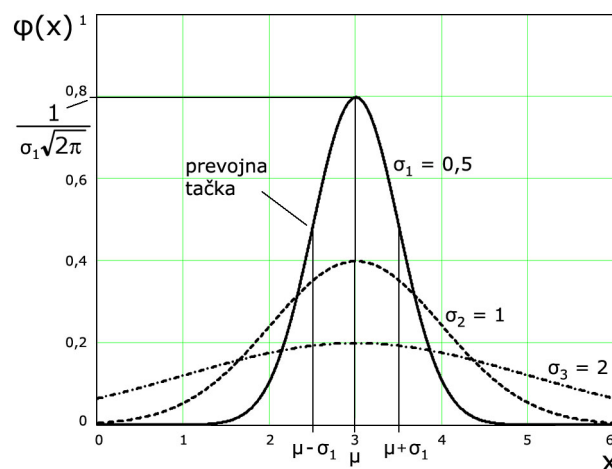
$$\beta(k) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^k e^{-\frac{k^2}{2}} dk \quad (3)$$

Funkciju (3) treba rešiti računom, ili određivanjem parova kao u tabeli 5. ^{prema [Ivković] str. 81, 17}

^{4.} Da li rezultati merenja imaju normalnu raspodelu može se testirati pomoću tabeli 5 (videti ^{3.} ovog odeljka). Prvo se na osnovu n rezultata niza merenja odredi procena aritmetičke sredine μ , i standardne devijacije σ . Zatim se prema tabeli 5, za pojedine intervale $\mu \pm k_i \cdot \sigma$, utvrdi da li se u svakom od njih nalazi približno $\beta_i \cdot n$ rezultata merenja. Stepenn saglasnosti raspodele rezultata sa raspodelom u tabeli 5 pokazuje normalnost raspodele rezultata. U slučaju normalne raspodele rezultata, dobra procena aritmetičke sredine (μ) je eksperimentalna aritmetička sredina (\bar{x}), a standardne devijacije (σ) je eksperimentalna standardna devijacija (s). Testiranje normalnosti može da se obavi i prema 3.22. a.

Tabela 5. Veza između koeficijenta obuhvata k i nivoa poverenja β

k	β
0,200	0,1585
0,500	0,3829
0,675	0,5000
1,000	0,6827
1,282	0,8000
1,440	0,8500
1,645	0,9000
1,960	0,9500
2,000	0,9545
2,170	0,9700
2,576	0,9900
3,000	0,9973
3,291	0,9990



Slika 1. Primer dijagrama normalne raspodele sa aritmetičkom sredinom $\mu = 3$.

3.18. histogram

^{0.} Histogram je grafički prikaz verovatnoća uzimanja vrednosti iz svakog od nekoliko nepreklapajućih intervala. prema [Britannica]

^{1.} Histogram se izrađuje tako što se horizontalna osa podeli na nepreklapajuće podintervale jednakih širina (videti [sliku 2](#)), a vertikalno se crtaju pravougaonici čije se osnove poklapaju sa podintervalima na horizontalnoj osi. Visine pravougaonika proporcionalne su broju podataka koji su uzeli vrednost iz odgovarajućeg podintervala prema [Britannica]. Dakle visina pravougaonika odgovara verovatnoći pojavljivanja podataka u podintervalu sa kojim se poklapa osnova posmatranog pravougaonika, pa histogram predstavlja varijantu dijagrama raspodele (videti [3.17. ^{0.} raspodela](#)).

3.19. (eksperimentalna) aritmetička sredina

^{0.} (Eksperimentalna) aritmetička sredina \bar{x} , za n rezultata merenja iste merene veličine, x_i ($i = 1, 2, \dots, n$), je zbir svih rezultata podeljen sa brojem rezultata, tj.: prema [GUM] C.2.19

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4)$$

^{1.} Statistički je valjano n rezultata merenja iste merene veličine samo ako je svaki od rezultata dobijen potpuno nezavisnim ponavljanjem postupka merenja.

Primer. Za svako merenje je potrebno ponavljati: uzimanje uzorka (u slučaju kada se kvantitativno određuje pojedinačna veličina materijala, a ne uzorka), podešavanje nule (kada je to deo postupka merenja), i očitavanje pokazivanja. prema [GUM] F.1.1.2

^{2.} Ako rezultati niza merenja iste merene veličine, imaju [normalnu](#) (tj. Gausovu), ili neku drugu "simetrično opadajuću" raspodelu, dobra procena merene veličine na osnovu raspoloživih n rezultata merenja, je aritmetička sredina razmatranih rezultata (jer je aritmetička sredina najverovatnija vrednost). prema [Pantić] str. 134

^{3.} Ako rezultati niza merenja iste merene veličine imaju "simetrično opadajuću"

raspodelu, [zbir kvadrata odstupanja](#) pojedinačnih merenja od neke veličine, ima najmanju moguću vrednost kada je ta veličina upravo aritmetička sredina rezultata merenja. prema [Pantić] str. 137 Zato se aritmetička sredina određuje i [metodom najmanjih kvadrata](#).

3.20. (eksperimentalna) standardna devijacija

^{0.} (Eksperimentalna) standardna devijacija s , za n merenja iste merene veličine, data je obrascem (5). U obrascu je rezultat i -tog merenja označen sa x_i , a [aritmetička sredina](#) razmatranih rezultata sa \bar{x} . prema [Rečnik] 3.8

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad i \quad s \geq 0 \quad (5)$$

^{1.} Sa porastom broja merenja, standardna devijacija se približava korenu srednjeg kvadrata slučajnih grešaka.

^{2.} Standardna devijacija je svojstvo metode merenja, a opisuje interval oko aritmetičke sredine u kome može da se nađe vrednost merene veličine.

U slučajevima kada je merena veličina konstantna, veća eksperimentalna standardna devijacija znači veći uticaj [slučajne greške](#) na rezultat merenja i manju dobrotu [metode merenja](#).

^{3.} Ako rezultati niza merenja iste merene veličine, imaju normalnu raspodelu, može se očekivati sledeća verovatnoća da rezultati merenja uzmu vrednost iz intervala određene "širine" oko aritmetičke sredine: aritmetička sredina $\pm s$, 68,27 %; $\pm 2s$, 95,45 %; $\pm 3s$, 99,73 %. Videti tabelu [5](#).

^{3.} Ako rezultati niza merenja iste merene veličine, imaju [normalnu raspodelu](#), eksperimentalna standardna devijacija (s) je dobra procena standardne devijacije (σ) koja se odnosi na slučaj beskonačno mnogo rezultata.

^{5.} **Kombinovana standardna devijacija** jednaka je pozitivnom kvadratnom korenu [kombinovane standardne varijanse](#).

3.21. (eksperimentalna) standardna devijacija aritmetičke sredine

^{0.} (Eksperimentalna) standardna devijacija $s_{\bar{x}}$, aritmetičke sredine \bar{x} , za n rezultata niza merenja čija je eksperimentalna standardna devijacija s , data je obrascem (6). prema [GUM] 4.2.3

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

^{1.} Standardna devijacija aritmetičke sredine je svojstvo rezultata merenja dobijenog usrednjavanjem, a opisuje interval oko rezultata merenja u kome može da se nađe vrednost merene veličine.

^{2.} U slučajevima kada je merena veličina konstantna, veća standardna devijacija aritmetičke sredine, znači veći uticaj [slučajne greške](#) na rezultat merenja i veću [mernu nesigurnost](#) rezultata merenja.

^{3.} Obrazac (6) pokazuje da slučajna greška rezultata merenja može da se umanjuje po želji, ali ne i da se svedu na nulu.

^{4.} Na osnovu potrebne standardne devijacije krajnjeg rezultata merenja, $s_{\bar{x}}$, i poznate standardne devijacije koja je svojstvo korišćene metode merenja, s , može se prema obrascu izvedenom iz (6) izračunati potreban broj usrednjavanih rezultata merenja, n . Ovo je važan obrazac koji omogućava planiranje broja merenja.

^{5.} Ova devijacija se ponekad pogrešno naziva **standardna greška aritmetičke sredine**. prema [Rečnik] 3.8

3.22. metoda najmanjih kvadrata

^{0.} Metoda najmanjih kvadrata je metoda određivanja funkcije, ili veličine, takve da je najmanji zbir kvadrata njenog odstupanja od polaznih vrednosti.

^{1.} Metoda najmanjih kvadrata daje najverovatniju vrednost kada su polazne vrednosti sa "simetrično opadajućom" [raspodelom](#). prema [Pantić] str. 134

^{2.} Primer procene vrednosti metodom najmanjih kvadrata je [aritmetička sredina](#).

^{3.} Primer procene funkcije metodom najmanjih kvadrata je testiranje saglasnosti

procenjene funkcije i polazne funkcije analizom zbira kvadrata odstupanja (videti naredni primer).

PRIMER

a) Da li rezultati merenja imaju normalnu, ili neku drugu raspodelu, može da se utvrdi testiranjem saglasnosti raspodele rezultata merenja i pretpostavljene raspodele. Ta provera se naziva **test saglasnosti**. Test je zasnovan na analizi zbira kvadrata odstupanja raspodele rezultata merenja od pretpostavljene raspodele. (Za testiranje poklapanja sa normalnom raspodelom, može se koristiti i metoda data u [3.17.4.](#))

Test saglasnosti dve funkcije obavlja se nalaženjem **koeficijenta određenja** koji je definisan jednačinama (7), (8) i (9) (primenljivim na bilo koje dve funkcije). Oznake u jednačinama imaju značenja navedena u narednom tekstu.

- Raspodela rezultata merenja pretstavljena je sa N vrednosti y_i ($i = 1, 2, \dots, N$) diskretne funkcije. Ta funkcija se može predstaviti histogramom (videti sliku 2), a izrađuje se na sledeći način. Interval iz koga su rezultati merenja uzimali vrednost, podeli se na N nepreklapajućih podintervala jednake širine. Vrednosti y_i (koje odgovaraju visinama pravougaonika) dobijaju se tako što se broj rezultata merenja koji su uzeli vrednost iz i -tog podintervala podeli ukupnim brojem rezultata merenja. Ovako dobijena diskretna funkcija će zadovoljiti svojstvo pod 1. u [poglavlju 3.17](#) svake funkcije raspodele (jer y_i pretstavlja verovatnoću da podaci uzmu vrednost iz i -tog intervala širine 1). Za takvu se funkciju može odrediti saglasnost sa nekom od funkcija raspodele nalaženjem koeficijenta određenja r^2 .

- [Aritmetička sredina](#) N vrednosti y_i , iz N podintervala, označena je sa \bar{y} (za y_i dobijene kao ovde uvek je $\bar{y} = 1 / N$).

- [Eksperimentalna standardna varijansa](#), diskretne funkcije raspodele rezultata merenja označena je sa V_y (definisana je na uobičajen način, pri čemu je N broj podintervala).

- Vrednost pretpostavljene funkcije raspodele, za celobrojno i kao argument, označena je sa $f_i = f(i)$.

- Srednji kvadrat odstupanja, pomenute diskretne funkcije sa vrednostima y_i , od pretpostavljene funkcije raspodele $f(i)$, označen je sa E^2 (računato samo za celobrojne i , videti sliku 2).

$$V_y = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{N - 1} \quad (7)$$

$$E^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f_i)^2}{N} \quad (8)$$

$$r^2 = 1 - \frac{E^2}{V_y} \quad (9)$$

Vrednost r^2 naziva se koeficijent određenja. On je mera saglasnosti funkcija, sa mogućim vrednostima ≤ 1 . Vrednost r^2 bliža 1, znači bolje međusobno poklapanje funkcija. Često se može smatrati da se raspodela rezultata merenja i pretpostavljena raspodela, dovoljno dobro poklapaju ako je $r^2 \geq 0,9$. (**Moduo koeficijenta korelacije** je pozitivan kvadratni koren koeficijenta određenja.) prema: [Britannica] i [Pantić] str. 150, 151

3.23. interval poverenja (eksperimentalne aritmetičke sredine)

0. Interval poverenja (eksperimentalne aritmetičke sredine) je interval oko eksperimentalne aritmetičke sredine rezultata merenja, za koji postoji zadata verovatnoća da se u njemu nađe aritmetička sredina beskonačno mnogo rezultata merenja. prema [Ivković] str. 79

1. Prethodno pomenuta zadata verovatnoća naziva se **nivo poverenja** prema [Ivković] str. 79. Najčešće korišćen nivo poverenja je 0,95 [Britannica].

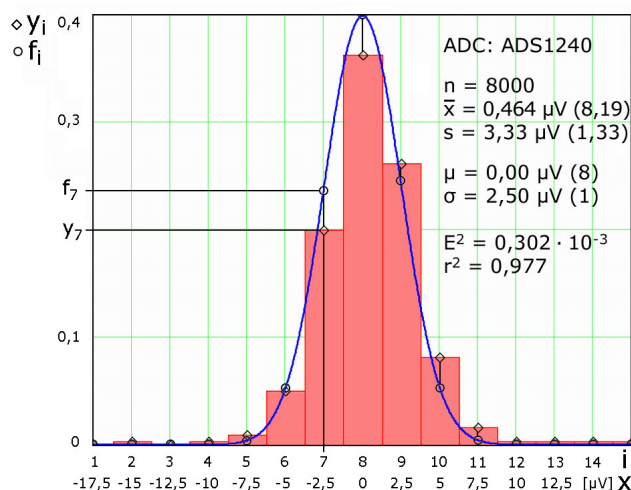
2. Prethodno pomenuta zadata verovatnoća je **verovatnoća** da interval poverenja "prekrije" aritmetičku sredinu beskonačno mnogo rezultata merenja. prema [Ivković] str. 7

3. Ako n rezultata niza merenja imaju **normalnu raspodelu**, može se izračunati **aritmetička sredina** \bar{x} , i **standardna devijacija aritmetičke sredine** $s_{\bar{x}}$. Zatim se za željeni nivo poverenja β , može odrediti interval poverenja pomoću izraza (10) i tabele 5 ili funkcije (3).

$$[\bar{x} - k \cdot s_{\bar{x}}, \bar{x} + k \cdot s_{\bar{x}}] \quad (10)$$

Postoji verovatnoća β da će se u intervalu datom izrazom (10) naći vrednost merene veličine.

4. Ako rezultati niza merenja imaju normalnu raspodelu, na osnovu obrazca (6) može se odrediti koliki broj merenja treba obaviti da bi



Slika 2. Saglasnost raspodele rezultata merenja AD konvertora i normalne raspodele. (Na slici su naznačene neke vrednosti potrebne za izračunavanje koeficijenta određenja r^2 .)

se interval poverenja doveo do željeno male vrednosti.

PRIMERI

a) Odrediti interval za koji je verovatnoća 99,0 % da će se u njemu naći vrednost veličine bez slučajne greške (tj. aritmetička sredina rezultata koja bi se dobila beskonačnim brojem merenja). Niz od $n = 5$ merenja, sa normalnom raspodelom i standardnom devijacijom $s = 2,7 \Omega$, dao je posle korekcija aritmetičku sredinu $\bar{x} = 1481,6 \Omega$, sa standardnom devijacijom $s_{\bar{x}} = 2,7 / \sqrt{5} = 1,2 \Omega$.

Rešenje. Zadatoj verovatnoći odgovara željenih 99,0 % (koje preračunavamo u koeficijent $\beta = 0,990$). Iz tabele 5, za željeno β , nalazimo $k = 2,576$. Iz izraza (10) nalazimo krajnje tačke intervala, donju, θ_1 , i gornju, θ_2 (izražene u Ω).

$$\theta_1 = \bar{x} - z \cdot s_{\bar{x}} = 1481,6 - 2,57 \cdot 1,2 = 1478,5$$

$$\theta_2 = \bar{x} + z \cdot s_{\bar{x}} = 1481,6 + 2,57 \cdot 1,2 = 1484,7$$

b) Merena je otpornost šantova pre i posle veštačkog starenja. Aritmetička sredina rezultata mernja pre starenja je $\bar{x}_1 = 1,0335 \text{ m}\Omega$, a posle starenja $\bar{x}_2 = 1,0301 \text{ m}\Omega$. Oba niza merenja su imala po $n = 10$ rezultata, sa normalnom raspodelom i standardnom devijacijom $s = 1,8 \mu\Omega$. Kolika je verovatnoća da se otpornost nije stvarno promenila?

Nađimo sredinu M , između \bar{x}_1 i \bar{x}_2 . Zatim izračunajmo verovatnoću β , da interval poverenja sa sredinom u npr. \bar{x}_1 "prekrije" veličinu M (korišćenjem izraza (10) i veze između β i k iz (3)):

$$M = 1,0318 \text{ m}\Omega$$

$$z_1 = \frac{\sqrt{n}}{s}(\bar{x}_1 - M) = \frac{\sqrt{10}}{0,0018}(1,0335 - 1,0318) = 2,99$$

$$\beta_1 = 0,99718.$$

Pošto su s , n i "udaljenost" od M isti za \bar{x}_1 i \bar{x}_2 , $\beta_1 = \beta_2 = 0,99718$. [Verovatnoća](#) da se otpornost nije stvarno promenila jednaka je $\beta_1 \cdot \beta_2 = 0,9944$, tj. 99,44 %.

3.24. (eksperimentalna) standardna varijansa

^{0.} (Eksperimentalna) standardna varijansa je kvadrat [eksperimentalne standardne devijacije](#).

Obeležava se sa V . uobičajena oznaka s^2 ; prema [GUM] C.2.20

^{1.} Ako je [kombinovana \(ukupna\) greška](#) posrednog merenja, jednaka zbiru međusobno [nezavisnih](#) grešaka komponenta merenja, onda je **kombinovana standardna varijansa** posrednog merenja, jednaka zbiru standardnih varijansi komponenta merenja.

^{2.} Ako je veza između rezultata posrednog merenja y , i m nezavisnih komponenta merenja x_i , data sa:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (11)$$

onda je kombinovana standardna varijansa posrednog merenja, V_y , data obrascem (12). prema: [GUM] 5.1.2

$$V_y = \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 V_{x_1} + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2}\right)^2 V_{x_2} + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_m}\right)^2 V_{x_m} \quad (12)$$

^{3.} Kombinovana standardna devijacija jednaka je pozitivnom kvadratnom korenu kombinovane standardne varijanse.

PRIMERI

a) U konkretnom slučaju napon U_1 se posredno meri tako što se od izmerene vrednosti U_2 , oduzme izmerena vrednost U_3 , dakle $U_1 = U_2 - U_3$. Odrediti [kombinovanu grešku](#) i standardnu varijansu rezultata merenja U_1 .

Rezultat merenja ima kombinovanu apsolutnu grešku dU_1 , određenu izvodima U_1 po U_2 i po U_3 , a datu obrascem (13).

$$dU_1 = \frac{\partial U_1}{\partial U_2} dU_2 + \frac{\partial U_1}{\partial U_3} dU_3 = dU_2 + dU_3 \quad (13)$$

Vidi se da je kombinovana greška jednaka zbiru grešaka U_2 i U_3 . Zato je kombinovana standardna varijansa V_{U_1} , rezultata merenja U_1 , jednaka zbiru standardnih varijansi U_2 i U_3 :

$$V_{U_1} = V_{U_2} + V_{U_3}. \quad (14)$$

b) Baznost (tj. pH) rastvora, A_0 , se prema konvenciji preračunava za temperaturu $t_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, a na osnovu izmerenog napona između elektroda za pH, U_T , i izmerene temperature rastvora, T [K]. Obrazac za preračunavanje dat je jednačinom (15). Poznata [osetljivost](#) elektroda označena je sa S , a poznata baznost pri nultom naponu između elektroda sa A_{U_0} . Odrediti kombinovanu grešku i kombinovanu standardnu varijansu rezultata merenja A_0 .

Nađimo prvo izvode za A_0 po svakoj od merenih veličina, U_T i T , koje prouzrokuju grešku (jednačine (16) i (17)). Zatim, preko izvoda, odredimo kombinovanu grešku dA_0 , koju prouzrokuju greške dU_T i dT (jednačine (18) i (19)). Takođe preko izvoda, izrazimo kombinovanu standardnu varijansu rezultata merenja V_{A_0} (jednačina (20)).

$$A_0 = A_{U_0} - 5040 \frac{U_T}{TS} \quad (15)$$

$$\frac{\partial A_0}{\partial U_T} = -\frac{5040}{TS} \quad (16)$$

$$\frac{\partial A_0}{\partial T} = 5040 \frac{U_T}{T^2 S} \quad (17)$$

$$dA_0 = \frac{\partial A_0}{\partial U_T} dU_T + \frac{\partial A_0}{\partial T} dT \quad (18)$$

$$dA_0 = -\frac{5040}{TS} dU_T + 5040 \frac{U_T}{T^2 S} dT \quad (19)$$

$$V_{A_0} = \left(-\frac{5040}{TS}\right)^2 V_{U_T} + \left(5040 \frac{U_T}{T^2 S}\right)^2 V_T \quad (20)$$

3.25. (merna) nesigurnost

^{0.} (Merna) nesigurnost je parametar rezultata merenja koji opisuje mogućnost da se vrednost merene veličine nađe u intervalu oko rezultata merenja. prema [GUM] 2.2.4, 2.2.2

^{1.} Rezultat merenja sa navedenom mernom nesigurnošću izraženom kao standardna devijacija, omogućava procenu merene veličine željenog [nivoa poverenja](#); i može da se koristi kao komponenta posrednog merenja za koje takođe može da se odredi nesigurnost prema [GUM] 0.4, 0.5. Određivanje nesigurnosti posrednog merenja omogućava [sledivost](#).

^{2.} Merna nesigurnost je posledica grešaka koje mogu da se svrstaju u dve grupe. Prvu grupu, [slučajne greške](#) koje mogu da se [umanje](#) povećavanjem broja merenja iste merene veličine i [usrednjavanjem](#) rezultata merenja. I drugu grupu, [sistematske greške](#) koje se smanjuju [korekcijom](#) rezultata.

^{3.} Zbog ujednačavanja obrade i izražavanja merne nesigurnosti rezultata, ISO je 1993. izdala "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" koje se zasniva na preporukama CIPM prema [GUM] Foreword. Uputstvo je namenjeno primeni na različitim nivoima tačnosti, u oblastima od pogona do fundamentalnih nauka prema [GUM] 1. Tim uputstvom ISO preporučuje obradu i navođenje merne nesigurnosti rezultata merenja prema sledećem.

Kao rezultat merenja daje se rezultat [korigovan](#) za sve značajne, sistematske greške prema [GUM] 3.2.4. Tada mernu nesigurnost rezultata prouzrokuju jedino merne nesigurnosti koje potiču od nesigurnosti korekcija i slučajnih grešaka.

Za svaki rezultat, koji je [komponenta posrednog merenja](#), određuje se standardna nesigurnost koja je jednaka standardnoj devijaciji tog rezultata.

Komponente merne nesigurnosti se prema metodi za određivanje njihovih numeričkih vrednosti svrstavaju u dve kategorije: **tip A**, komponente procenjene statističkim metodama; i **tip B**, komponente procenjene na ostale načine. prema [GUM] 0.7

Standardna (merna) nesigurnost tipa A, jednaka je [eksperimentalnoj standardnoj devijaciji](#) komponentne veličine i dobija se statističkim metodama. Ako nije drugačije navedeno podrazumeva se da rezultat ima normalnu raspodelu prema [GUM] 4.3.4. Daje se i podatak o stepenu slobode. Ova nesigurnost označava se sa u_i , a broj stepeni slobode sa ν_i . prema [GUM] 0.7

Standardna nesigurnost tipa A izračunava se na osnovu niza merenja iste merene veličine [GUM] 3.3.5. Kada se ova nesigurnost odnosi na aritmetičku sredinu rezultata niza merenja, za njenu vrednost se može uzeti [standardna devijacija aritmetičke sredine](#), pri čemu je **broj stepeni slobode** jednak broju usrednjenih merenja umanjenom za 1 [GUM] 4.2.6.

Aritmetička sredina rezultata merenja i njena standardna devijacija, mogu da se izračunaju na osnovu broja pojedinih merenja i njihove [sredine](#) i

[devijacije](#). Međutim, najbolju procenu pomenute sredine i devijacije može dati funkcija raspodele koja je određena usaglašavanjem sa raspodelom rezultata merenja [metodom najmanjih kvadrata](#).

Standardna (merna) nesigurnost tipa B, je aproksimacija standardne devijacije komponentne veličine, i dobija se procenom nestatističkim metodama. Označava se sa u_j . prema [GUM] 0.7

Nesigurnost tipa B određuje se iz funkcije [raspodele rezultata](#) dobijene na osnovu vešte procene verovatnoće da će se događaj ostvariti. prema [GUM] 3.3.5

Kombinovana standardna (merna) nesigurnost, jednaka je [kombinovanoj standardnoj devijaciji](#) posrednog merenja koju prouzrokuju merne nesigurnosti komponentnih veličina tipova A i B. Ova nesigurnost označava se sa u_c . Jednaka je pozitivnom kvadratnom korenu kombinovane standardne varijanse [GUM] 5.1.2. Računanje kombinovane standardne varijanse dato je u [3.24](#). Rezultatu merenja se pridružuje njegova nesigurnost, i eventualno opis komponentata koje je prouzrokuju. Ova nesigurnost se često koristi u izveštajima o rezultatima merenja u metrologiji i nauci. prema [GUM] 0.7

Proširena (merna) nesigurnost, jednaka je kombinovanoj standardnoj nesigurnosti pomnoženoj **koeficijentom obuhvata**. Ova nesigurnost označava se sa U , a koeficijent obuhvata sa k . Rezultatu merenja se pridružuju: proširena nesigurnost i koeficijent obuhvata, a eventualno, nivo poverenja p , i raspodela rezultata. [GUM] 6.2

Kombinovana standardna nesigurnost množi se koeficijentom obuhvata, kako bi se dobila potrebna [verovatnoća](#) da vrednost merene veličine bude u intervalu: rezultat merenja $\pm U$. Ovaj interval naziva se [interval poverenja](#), a potrebna verovatnoća [nivo poverenja](#). Ovakav način navođenja intervala poverenja pogodan je u nekim komercijalnim, industrijskim i zakonodavnim primenama. Koeficijent obuhvata je najčešće u opsegu 2 do 3, što u slučaju normalne raspodele daje nivo poverenja od 95,5 do 99,7 % (videti [3.17.2](#)). prema [GUM] 6

^{4.} Prethodne nesigurnosti se mogu izraziti i kao **relativne standardne (merne) nesigurnosti**, a jednake su količniku merne nesigurnosti i modula rezultata merenja. Oznake su: $u_{i,r}$, $u_{j,r}$, $u_{c,r}$, U_r . prema [TN 1297] D.1.4

PRIMER

a) Uzrok i veličina [nm] mernih nesigurnosti pri etaloniranju graničnog merila: etaloniranje referentnog graničnog merila, 25 (tip B); izmerena razlika između graničnih merila: ponovljena očitavanja, 5,8 (A), slučajne pojave komparatora, 3,9 (A), sistematske pojave komparatora, 6,7 (B); termičko širenje referentnog graničnog merila, 1,7 (B); temperatura okoline: srednja vrednost temperature okoline, 5,8 (A), periodično talasanje temperature prostorije, 10,2 (B); razlika koeficijenata termičkog širenja graničnih merila, 2,9 (B); razlika temperatura graničnih merila, 16,6 (B). Kombinovana standardna nesigurnost $u_c(l) = 34 \text{ nm}$. [TN 1297] D.21

4. Etaloni

4.1. materijalizovana mera

⁰. Materijalizovana mera je merilo namenjeno da reprodukuje ili daje, stalno u toku upotrebe, jednu ili više poznatih vrednosti date veličine. prema [Rečnik] 4.2

PRIMERI

- a) Teg. [Rečnik] 4.2
- b) Merilo zapremine za jednu ili više vrednosti, sa ili bez skale. [Rečnik] 4.2
- c) Etalonski električni otpornik. [Rečnik] 4.2
- d) Granična mera. [Rečnik] 4.2
- e) Etalonski signal generator. [Rečnik] 4.2
- f) Referentni materijal. [Rečnik] 4.2

4.2. referentni materijal, RM

⁰. Referentni materijal, RM, je materijal ili supstancija čije su jedna ili više vrednosti svojstava dovoljno homogeni i dobro ustanovljeni da mogu da se koriste za etaloniranje aparata, procenu mernih metoda, ili za pripisivanje vrednosti materijalima. [Rečnik] 6.13

4.3. etalon

⁰. Etalon je merilo, ili referentni materijal, namenjen da definiše, ostvari, čuva ili reprodukuje jedinicu, ili jednu ili više vrednosti veličine, da bi služila kao referenca merenja. prema [Rečnik] 6.1

¹. Skup sličnih materijalizovanih mera ili merila koji, zajednički korišćeni, čine etalon nazivaju se **kolektivni etalon**. prema [Rečnik] 6.1

². Skup etalona izabranih vrednosti koji, pojedinačni ili u kombinaciji, obezbeđuju niz vrednosti veličina iste vrste, naziva se **grupni etalon**. prema [Rečnik] 6.1

PRIMERI

- a) Etalon mase od 1 kg. [Rečnik] 6.1
- b) Etalon otpornik od 100 Ω . [Rečnik] 6.1
- c) Etalon ampermetar. [Rečnik] 6.1
- d) Cezijumski etalon frekvencije. [Rečnik] 6.1
- e) Etalonska vodonična elektroda. [Rečnik] 6.1

f) Referentni rastvor kortizola u ljudskom serumu, potvrđene koncentracije. [Rečnik] 6.1

4.4. primarni etalon

⁰. Primarni etalon je etalon koji je označen ili široko priznat da ima najviše metrološke kvalitete i čija je vrednost prihvaćena bez upućivanja na druge etalone iste veličine. [Rečnik] 6.4

¹. Pojam primarnog etalona je podjednako važeći kako za osnovne tako i za izvedene veličine. prema [Rečnik] 6.4

4.5. sekundarni etalon

⁰. Sekundarni etalon je etalon čija je vrednost pripisana poređenjem sa primarnim etalom iste veličine. [Rečnik] 6.5

4.6. transfer etalon

⁰. Transfer etalon je etalon koji se koristi kao posrednik u poređenju etalona. [Rečnik] 6.8

4.7. referentni etalon

⁰. Referentni etalon je etalon, koji uglavnom ima najviši metrološki kvalitet raspoloživ u datom mestu ili u datoj organizaciji, i iz njega se izvode merenja koja se tu vrše. prema [Rečnik] 6.6

4.8 radni etalon

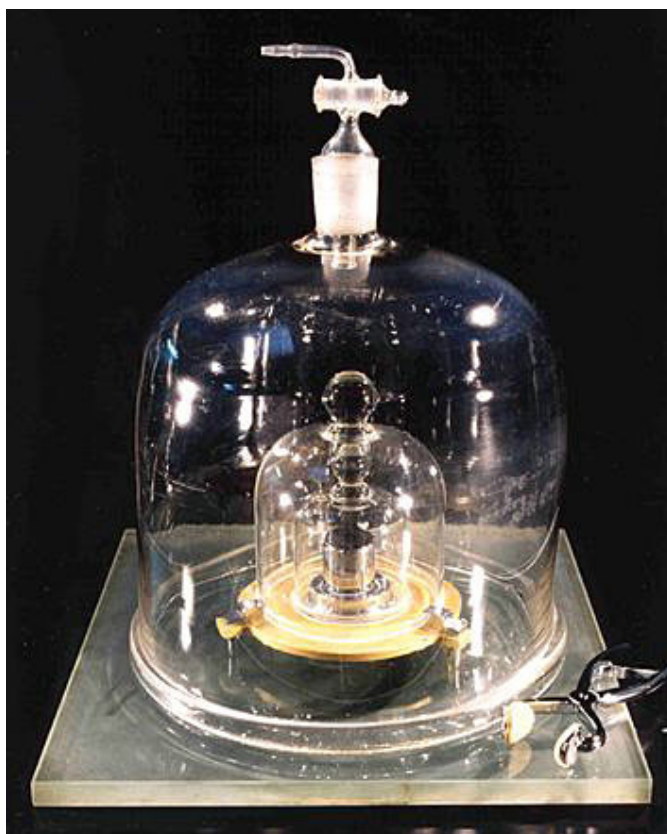
⁰. **Radni etalon** je etalon koji se redovno koristi za etaloniranje ili kontrolu materijalizovanih mera, merila ili referentnih materijala. [Rečnik] 6.7

¹. Radni etalon se uobičajeno etalonira u odnosu na referentni etalon. prema [Rečnik] 6.7

². **Kontrolni etalon** je radni etalon koji se redovno koristi da bi se utvrdila valjanost postupka merenja u toku vremena. prema: [NIST] i [Rečnik] 6.7

4.9. međunarodni etalon

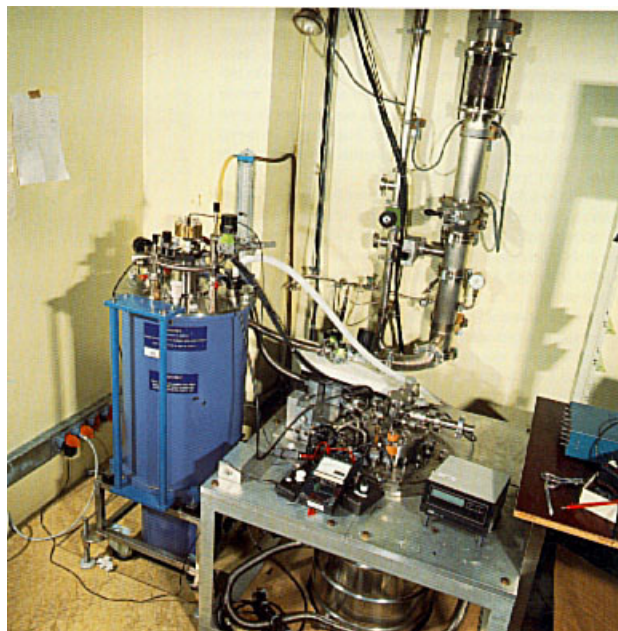
⁰. Međunarodni etalon je etalon priznat međunarodnim sporazumom da na međunarodnom nivou služi kao osnova za pripisivanje vrednosti odnosne veličine drugim etalonima. [Rečnik] 6.2



Slika 3. Čuveni međunarodni etalon kilograma u upotrebi od 1880. godine (od legure platina 90 % mase - iridijum 10 % mase) i desno, putujući transfer etalon kilograma za međunarodno poređenje (od nerđajućeg čelika). ^{prema [BIPM]}

Tabela 6. Merne nesigurnosti primarnih etalona osnovnih veličina SI

Osnovna veličina	Merne nesigurnosti primarnih etalona osnovnih jedinica SI	
	BIPM ^{prema [SI] Appendix 2}	SZMDM
dužina	relativna standardna nesigurnost $8,5 \cdot 10^{-13}$	relativna standardna nesigurnost $2,1 \cdot 10^{-11}$
masa	relativna standardna nesigurnost poređenja oko $1 \cdot 10^{-9}$	relativna greška $\pm 2 \cdot 10^{-8}$
vreme	relativna kombinovana standardna nesigurnost $2 \cdot 10^{-15}$	apsolutna greška $\pm 1 \cdot 10^{-11}$ s
električna struja	relativna standardna nesigurnost, "nekoliko delova po 10^7 "	greška $\pm(0,000 19 \% \text{ oč. } + 300 \text{ nA})$
termodinamička temperatura	standardna nesigurnost: "nekoliko milikelvina" za temperature do oko 373 K, progresivno veća za više temperature	standardna nesigurnost: za 0,01 °C, 0,000 1 °C; za 0 do 961,78 °C, 0,001 do 0,01 °C; za 300 do 1 200 °C, 0,2 do 0,5 °C
količina gradiva		
svetlosna jačina		relativna standardna nesigurnost 0,25 %



Slika 4. Levo: etalon napona od 10 V sa nizom superprovodnih Džozefsonovih (*Josephson*) spojeva. Desno: etalon otpornosti koji se zasniva na kvantnoj Holovoj pojavi (*quantum-Hall effect*). Oba etalona se koriste za etaloniranje u *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) u Sevru. Pomenute dve pojave obezbeđuju reproduktivnosti nivoa nekoliko delova po 10^{10} , odnosno po 10^9 prema [BIPM]; i relativne nesigurnosti 4 po 10^7 i 2 po 10^7 , redom prema [SI] Appendix 2 item 4.

4.10. nacionalni etalon

⁰ Nacionalni etalon je etalon priznat nacionalnom odlukom da služi, u državi, kao osnova za pripisivanje vrednosti odnosno veličine drugim etalonima. [Rečnik] 6.3

¹ U tabeli 6 date su nesigurnosti međunarodnih etalona BIPM-a prema [SI] Appendix 2. i primarnih etalona Srbije i Crne Gore u Saveznom zavodu za mere i dragocene metale u Beogradu (SZMDM) (stanja 1998. godine).

4.11. etaloniranje

⁰ **Etaloniranje** je skup postupaka čiji je cilj određivanje veze između vrednosti veličine koju pokazuje merilo i odgovarajuće vrednosti ostvarene etalomom. prema [Rečnik] 6.11

¹ **Rezultat etaloniranja** se registruje u **izveštaju o etaloniranju**, i neposredno ili posredno daje sistematsku grešku pokazivanja etaloniranog merila i njenu mernu nesigurnost u **referentnim uslovima**.

² Rezultat etaloniranja omogućava određivanje korekcije koja treba da se primeni na pokazivanje. prema [Rečnik] 6.11

³ U slučaju merača, ako broj merenja korišćenih za dobijanje krajnjeg rezultata značajno utiče na mernu nesigurnost, uslovi merenja sadrže i broj merenja. prema [NIST]

⁴ Etaloniranjem mogu da se odrede i metrološka svojstva kao što je učinak uticajnih veličina. prema [Rečnik] 6.11

4.12. sledivost

¹ **Sledivost** je odlika vrednosti veličine koja znači da postoji potpun dokaz da je kombinovana merna nesigurnost vrednosti veličine određena tako da obuhvata **nesigurnosti svih komponentnih veličina** počevši od izvora sledivosti. prema [NIST]

² Izračunavanje kombinovane standardne nesigurnosti veličine, i time obezbeđenje njene sledivosti, omogućava poznata standardna nesigurnost svih njenih komponentnih veličina.

³ Rezultat merenja (ili vrednost veličine) je slediv, ako je njegova **kombinovana standardna nesigurnost** statistički ispravno određena na osnovu standardnih nesigurnosti svih za njega komponentnih veličina koje su takođe sledive. Za takav rezultat merenja (ili vrednost veličine) kaže se da je **slediv do veličina** određenog izvora sledivosti, do koga su sledive za njega komponentne veličine.

⁴ Kombinovana standardna nesigurnost sledivog rezultata merenja je njegova ukupna nesigurnost koja objedinjuje nesigurnosti svih komponenata merenja počevši od izvora sledivosti. Takva merna nesigurnost je najbolja procena **raspodele** grešaka, tj. **tačnosti**.

⁵ Standardna nesigurnost sledivog rezultata merenja je kombinovana standardna nesigurnost **komponentnih veličina** merenja, a obuhvata standardne nesigurnosti počevši od veličina izvora sledivosti. Računa se na uobičajen način korišćenjem matematičkog modela merenja (videti "**3.25 Merna nesigurnost**").

5. Mali srpsko-engleski metrološki rečnik ⁷⁾

- aditivna korekcija** • *additive correction* ^{prema}
[Rečnik] 3.15, ovde je dodata reč "aditivna" i "additive"
- apsolutna greška** • *absolute error*
- baždarenje (merila)** • *gauging (of a measuring instrument)*
- čuvanje etalona** • *conservation of a (measurement) standard*
- decimalna (merna) jedinica** • *decimal unit (of measurement)* ⁸⁾
- detektor** • *detector*
- dimenzija veličine** • *dimension of a quantity*
- dispersija** • *dispersion*
- dogovorena vrednost (veličine)** • *conventional value (of a quantity)* ⁸⁾
- domašaj** • *full scale; FS* ⁸⁾
- (eksperimentalna) aritmetička sredina** • *(experimental) arithmetic mean (for a series of measurements)* ^{prema [Britannica]}
- (eksperimentalna) standardna devijacija** • *(experimental) standard deviation*
- (eksperimentalna) standardna devijacija aritmetičke sredine** • *(experimental) standard deviation of the arithmetic mean*
- (eksperimentalna) standardna varijansa** • *(experimental) standard variance* ^{prema [Britannica]}
- etalon** • *(measurement) standard; etalon*
- etaloniranje** • *calibration*
- granični uslovi** • *limiting conditions*
- greška kontrolne tačke (merila)** • *datum error (of a measuring instrument)*
- greška nule (merila)** • *zero error (of a measuring instrument)*
- gruba greška** • *blunder* ^{prema [GUM]}, *outlier* ⁸⁾
- grupni etalon** • *group standard*
- histerezis (merila)** • *hysteresis (of a measuring instrument)* ⁸⁾
- histogram** • *histogram* ⁸⁾
- "ide - ne ide" merilo** • *go - not go gauge* ^{prema [Britannica]}
- interval poverenja (eksperimentalne aritmetičke sredine)** • *confidence interval* ^[GUM]
(of experimental arithmetic mean)
- izvedena (merna) jedinica** • *derived unit (of measurement)*
- izvedena veličina** • *derived quantity*
- izveštaj o etaloniranju** • *calibration report*
- Kategorije veličina** • *categories of quantities*
- klasa tačnosti** • *accuracy class*
- klizanje** • *drift* ⁸⁾
- koeficijent korekcije** • *correction factor* ^{prema}
[Rečnik] 3.16, ovde je umesto "faktor", "koeficijent"
- koeficijent obuhvata** • *coverage factor* ^[GUM]
- koeficijenta određenja** • *coefficient of determination* ^[Britannica]
- koherentna (merna) jedinica** • *coherent unit (of measurement)*
- kolektivni etalon** • *collective standard*
- kombinovana greška** • *combined error* ⁸⁾
- kombinovana standardna devijacija** • *combined standard deviation* ⁸⁾
- kombinovana standardna (merna) nesigurnost** • *combined standard uncertainty* ^[GUM]
- kombinovana standardna varijansa** • *combined standard variance* ⁸⁾
- kontrolni etalon** • *check standard*
- korekcija** • *correction*
- korigovan rezultat** • *corrected result*
- lanac sledivosti** • *traceability chain*
- maksimalna greška (merila)** • *maximum error (of a measuring instrument)*
- materijalizovana mera** • *material measure*
- međunarodni etalon** • *international (measurement) standard*
- Međunarodni sistem jedinica; SI** • *International System of Units; SI*
- merač** • *meter* ⁸⁾
- merena veličina** • *measurand*
- merenje** • *measurement*
- merilo** • *measuring instrument*
- (merljiva) veličina** • *(measurable) quantity*
- (merna) nesigurnost** • *uncertainty (of measurement)*
- (merna) jedinica** • *unit (of measurement)*
- (merna) jedinica van sistema** • *off-system unit of measurement*
- merni opseg** • *measuring range*
- merni pretvarač** • *measuring transducer*
- merni signal** • *measurement signal*
- metoda merenja** • *method of measurement*
- mrtav opseg** • *dead band*
- nacionalni etalon** • *national (measurement) standard*
- nedecimalni umnožak i deo (merne) jedinice** • *multiple and submultiple of a unit (of measurement)*
- nekorigovan rezultat** • *uncorrected result*
- neposredno pokazivanje** • *direct indication*
- nestabilnost** • *drift*
- nezavisan događaj** • *independent event* ^{prema}
[Britannica]
- nivo poverenja** • *level of confidence* ^[GUM]
- numerička vrednost (veličine)** • *numerical value (of a quantity)*
- Opseg pokazivanja** • *range of indication*
- osetljivost** • *sensitivity*
- osnovna (merna) jedinica** • *base unit (of measurement)*
- osnovna veličina** • *base quantity*

- oznaka klase • *class index*
- pokazivanje (merila) • *indication (of a measuring instrument)*
- pomeraj (kod merila) • *bias (of a measuring instrument)*
- ponovljivost • *repeatability (of results of measurements)*
- postupak merenja • *measurement procedure*
- preciznost • *precision*
- prikazivač • *indicating device*
- primarni etalon • *primary standard*
- princip merenja • *principle of measurement*
- proširena (merna) nesigurnost • *expanded uncertainty*^[GUM]
- radni etalon • *working standard*
- radni uslovi • *operating conditions*⁸⁾
- raspodela (rezultata merenja) • *(probability) distribution (of results of measurements)*⁸⁾
- referentna vrednost • *reference value*
- referentni etalon • *reference standard*
- referentni materijal; RM • *reference materijal; RM*
- referentni opseg • *reference range*
- referentni uslovi • *reference conditions*
- relativna greška • *relative error*
- relativna (merna) nesigurnost • *relative uncertainty (of measurement)*^{prema [NIST]}
- reproduktivnost (rezultata merenja) • *reproducibility (of results of measurements)*
- rezolucija • *resolution*
- rezultat merenja • *result of measurement*
- Sekundarni etalon • *secondary standard*
- senzor • *sensor*
- sistematska greška • *systematic error; bias*
- sledivost • *traceability*
- slučajan događaj • *independent event*^{prema [Britannica]}
- slučajna greška • *random error*
- sopstvena greška (merila) • *intrinsic error (of a measuring instrument)*
- stabilnost • *stability*
- stabilnost pri starenju • *stability*
- standardna greška aritmetičke sredine • *standard error of the arithmetic mean*⁸⁾
- standardna (merna) nesigurnost tipa A • *type A standard uncertainty*^[GUM]
- stvarna vrednost (veliĉine) • *true value (of a quantity)*
- svojsvo odziva • *response characteristic*
- taĉnost (merenja) • *accuracy (of measurement)*
- temperaturna stabilnost • *temperature stability*
- test saglasnosti • *goodness-of-fit test*^[NIST]
- transfer etalon • *transfer standard*
- transparentnost • *transparency*
- Uslovi ponovljivosti • *repeatability conditions*
- uticajna veliĉina • *influence quantity*
- uverenje o etaloniranju • *calibration certificate*
- Veliĉine iste vrste • *quantities of the same kind*
- verovatnoća (događaja) • *probability (of the event)*^{prema [Britannica]}
- vrednost (veliĉine) • *value (of a quantity)*
- vreme odziva • *response time*

⁷⁾ Engleski termin je iz [Reĉnik] ako nije drugaĉije navedeno.

⁸⁾ Engleski termin nije iz [Reĉnik].

6. Literatura

[Reĉnik] Zoran M. Marković, Gordana Danković, Vida Živković, Milorad Radisavljević; Međunarodni reĉnik osnovnih i opštih termina u metrologiji; Savezni zavod za mere i dragocene metale; Beograd, 1996.

[Zakon] Zakon o mernim jedinicama i merilima; Službeni list SRJ 1994. broj 80, Beograd.

[SI] *The International System of Units (SI); Bureau International des Poids et Mesures, 7th edition 1998.*

[BIPM] *Internet pages <http://www.bipm.fr/>; Bureau International des Poids et Mesures, July 2004.*

[Britannica] *Britannica Encyclopaedia (CD ROM), 1996.*

[Ivković] Zoran A. Ivković; Matematiĉka statistika, ĉetvrto izdanje; "Nauĉna knjiga", Beograd, 1980.

[Pantić] Živadin Pantić; Uvod u teoriju verovatnoće i statistiku; Institut za dokumentaciju zaštite na radu, Niš, 1980.

[GUM] *ISO TAG 4, ISO WG 3; Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement; ISO, October 1995.*

[NIST] *Internet pages <http://www.nist.gov/>; United States Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, August 2004.*

[Tasić] Dobrosav Tasić, Vida Živković; Osnovi metrologije; Savezni zavod za mere i dragocene metale, Beograd, 2000.

[TN 1297] *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results (NIST Technical Note 1297); United States Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, September 1994.* 020831... 030120, 050604, 050606