

Obvladovanje merilne opreme

Primož HAFNER

Zahteve za obvladovanje merilne opreme in zagotavljanje merilne sledljivosti so opredeljene v standardih sistemov vodenja kakovosti serije ISO9000, ISO14000 in ISO17000. Elemente, pomembne pri obvladovanju merilne opreme, obravnava tudi ISO10012 (ILAC-G24 in OIML D10), ki govori o procesu meroslovne potrditve opreme. Poleg merilne pa je potrebno obvladovati tudi drugo opremo, ki vpliva na končni rezultat preskusa, testa, kalibracije, ovrednotenja, ...

V procesu obvladovanja merilne opreme je potrebna kalibracija, če želimo zagotoviti sledljivost naših meritev. Uporabnik lahko naroči kalibracijo pri usposobljenem kalibracijskem laboratoriju ali jo izvede sam – interna kalibracija, pri čemer morajo veljati podobna merila.

Vsaka organizacija mora opredeliti zahteve za posamezen kos opreme glede na njegovo uporabo. Na podlagi tega se pripravi program kalibracij oziroma drugih načinov preverjanja, s katerimi se bo nadziralo, ali oprema izpolnjuje opredeljene zahteve. Na osnovi kalibracijskega certifikata (rezultat) se sprejme zaključek o primernosti opreme. Rezultat mora biti v tem primeru takšen, da omogoča odločitev o ustreznosti glede na predhodno postavljene zahteve uporabnika (npr. da je kalibracija opravljena v primernih merilnih točkah, da je merilna negotovost dovolj majhna).

Primož Hafner, univ. dipl. inž., LOTRIČ laboratorij za meroslovje, d. o. o.

Organizacija mora opredeliti meroslovne in druge zahteve za opremo glede na proces, v katerem se uporablja, oziroma določiti vse karakteristike, ki so za neko opremo pomembne. Pri tem upošteva zahteve, opredeljene v metodi, splošne zahteve, podatke iz literature, specifikacije proizvajalca ter podatke iz prejšnjih ugotovitev – validacija metode. Opredelitev zahtev vedno izhaja iz namena uporabe, tako so lahko zahteve različne, če se oprema uporablja

pri različnih procesih.

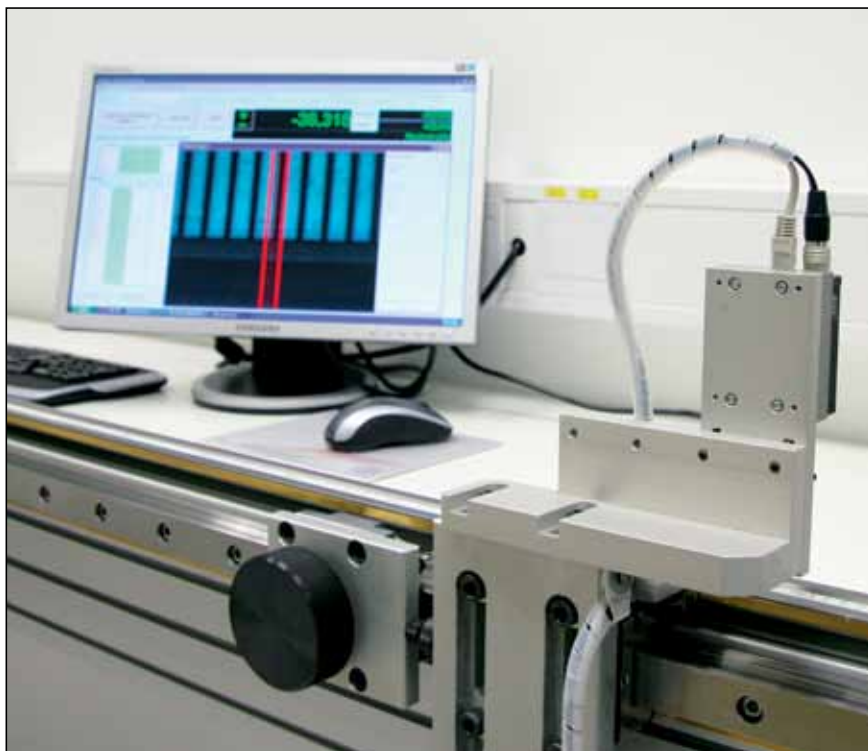
Ker je obvladovanje merilne in druge opreme v procesu merjenja zahtevna naloga, se uporabniki navadno odločajo za zahteve, ki jih opredeljujejo razni standardi. Vendar je potrebno poudariti, da se s tem lahko povzročijo odvečni stroški, zlasti zaradi zelo ozkih standardnih toleranc. Tako se organizacije odločajo za razvrščanje merilne opreme v nivoje (tabela 1).

Tabela 1. Primer razvrstitve merilne opreme

Nivo	Ime nivoja	Oznaka (barva)	Rok	Posebne zahteve
1	etaloni	rumena	12	zunanja kalibracija (ISO 17025)
2	delovni etaloni	oranžna	12	interna kalibracija z etaloni 1. nivoja (po načelih ISO 17025)
3	merila prvega reda	modra	6	zunanja kalibracija (ISO 17025)
4	merila drugega reda	zelena	12	interna kalibracija z etaloni 2. nivoja
5	ostala merila	rdeča	24	vizualni pregled
6	zakonska merila	/	zakon	pooblaščen zunanja organizacija



Slika 1. Oprema pod tlakom in varnostni ventili spadajo v zakonsko opredeljeno opremo in jih je potrebno v skladu z zakonodajo redno preverjati. Tovrstne preglede lahko opravljajo samo pooblaščen osebe (OPP – organ za periodične preglede) Ministrstva za gospodarstvo.



Slika 2. Tudi programska oprema mora biti pod stalnim nadzorom

Prepogosto opažamo, da uporabniki nimajo ustrezno opredeljenih zahtev za primernost merilne opreme. Vsak kos merilne opreme mora imeti svoj evidenčni karton, na katerem so opredeljene tehnične specifikacije merila in najpomembnejši kriteriji za sprejemljivost merilne opreme (SMO). Pri izvedbi kalibracije pa je potrebno upoštevati splošne zahteve za kalibracijo (sledljivost etalonske baze, pogoji okolja, usposobljeno osebje in ustrezni postopki).

Kriterij sestavlja več vidikov, ki jih merilo v danem procesu mora zagotoviti in morajo biti ugotovljeni pri kalibraciji merila. Bistveni lastnosti merilne opreme sta točnost in natančnost. Točnost mora biti zagotovljena v celotnem oziroma lahko tudi

zgolj v delnem merilnem obsegu, če tako merilo tudi uporabljamo. Vendar je pri tem potrebno preprečiti uporabo merila v delu, kjer točnost ni zagotovljena. Standardi navadno opredeljujejo zahteve za točnost merila v absolutnih vrednostih v obliki največjih dopustnih pogreškov (NDP). V primerih, ko posebne zahteve za ponovljivost oziroma natančnost merila v standardu niso zapisane, se laboratoriji držijo največjih dopustnih pogreškov, ki veljajo za točnost merila.

Drugi bistven kriterij sprejemljivosti je napaka, ki smo jo storili, ko smo določali točnost merila. Tej napaki rečemo merilna negotovost, ki določa, kako točno smo določili pogrešek merila. Standardi le redko opredeljujejo kriterije za »velikost« merilne negotovosti. V meroslovnem svetu se uveljavlja načelo, da naj bi bila merilna negotovost manjša od 1/3 NDP (tabela 2). Razlog za to je verjetno preprost.



Slika 3. Kalibracija merilnika debeline na etalonih iz različnih materialov in različnih debelin

Tabela 2. Izračun vpliva merilne negotovosti na skupno točnost merila

NDP	merilna negotovost	Seštevek ²	Vpliv negotovosti na skupni seštevek
1 mm	0,10 mm	1,01	1 %
1 mm	0,20 mm	1,04	4 %
1 mm	0,33 mm	1,11	11 %
1 mm	0,50 mm	1,25	25 %
1 mm	0,75 mm	1,56	56 %
1 mm	1,0 mm	2,0	100 %
1 mm	2,0 mm	5,0	400 %

Če pogledamo osnovno razčlenitev merilne negotovosti v merilnem procesu, potem to lahko zapišemo z enačbo:

$$U = k \times \sqrt{u_m^2 + u_{mi}^2 + u_v^2}$$

Pri čemer pomeni:

U – skupna ali končna merilna negotovost,

k – faktor pokritja (verjetnost poraz-

delitve), ki naj bi v meroslovju pri normalni ali

Gaussovi porazdelitvi presegel 95 % ali $k = 2$ (v skladu z EA-4/02),

u_m – prispevek negotovosti merilnega instrumenta (po certifikatu o kalibraciji),

u_{mi} – prispevek negotovosti zaradi uporabe merilnega instrumenta (odčitavanje, ponovljivost, obnovljivost, primerljivost, dolgotrajna stabilnost, okolje, ...),

u_v – prispevek negotovosti zaradi merjenega vzorca (predstavljajte si merjenje ledene kocke v topli sobi).

Prispevek merilnega instrumenta (u_m in u_{mi}) moramo že v osnovi zmanjšati pod 1/3 (ker nam to prinese v nadaljevanju največ 10 %) skupne tolerance pri merjenju vzorca. Z nadaljnjim upoštevanjem korekcij merila (glede na izmerjeni pogrešek pri kalibraciji) nam ostane zgolj člen merilne negotovosti. Korekcije ni potrebno upoštevati in se je navadno pri končnih meritvah ne upošteva, saj je običajno relativno zelo majhna. V tem primeru lahko enostavno seštejemo korekcijo (lahko tudi celoten NDP) in merilno negotovost (tabela 3).

Kalibracijski rezultat lahko upoštevamo na sledeče načine:

Primer 1:

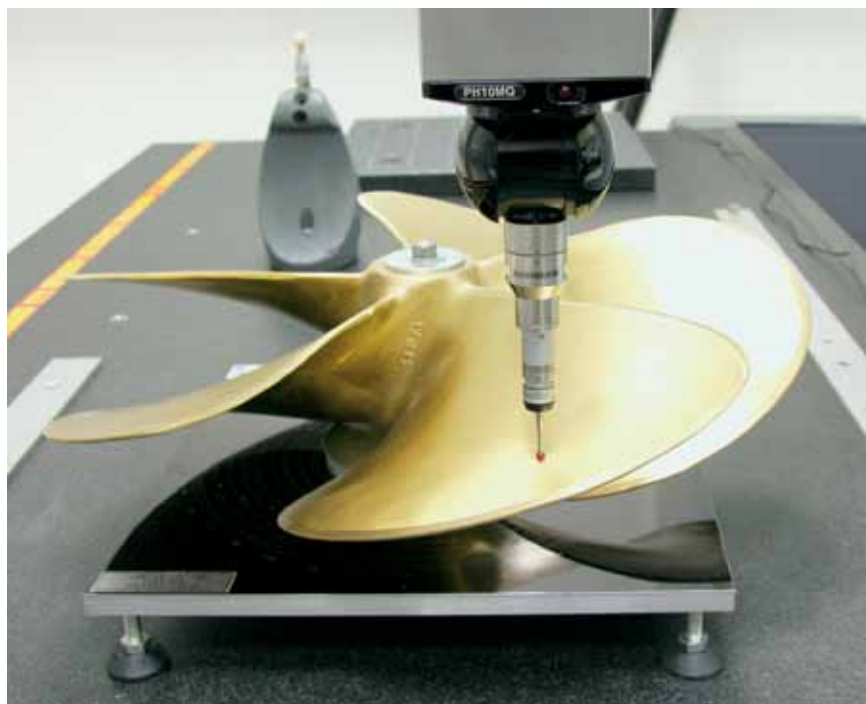
Merilec mora upoštevati napačno kazanje merila in napraviti pet serij ponovitev meritev ter izračunati povprečno vrednost. Skupaj z oceno ali izračunom merilne negotovosti, ki jo opravi pri meritvi ($<0,1$ mm), se odloči za ustreznost vzorca.

Primer 2:

V tem primeru se zanemari pogrešek merila ($+0,2$ mm) in opravi še ena meritev. Pogrešek je tako skupaj z merilno negotovostjo (0,06 mm). Pri tem pa izračun končne merilne negotovosti pokaže, da bi samo negotovost merjenja bistveno onemogočila ugotavljanje ustreznosti vzorca ($>0,2$ mm).

Primer 3:

V tem primeru se za ustreznost merila in meritev vzame celotna tole-



Slika 4. Meritev navojnice na pogonskem ladijskem vijaku

Tabela 3. Zapis na kalibracijskem certifikatu merila. Meritev premera 1000 mm, s pomičnim merilom ($d = 0,1$ mm) in s toleranco za vzorec $\pm 0,35$ mm.

Merjena vrednost	Izmerjeni pogrešek	NDP	Merilna negotovost
1000 mm	+0,1 mm	$\pm 0,25$ mm	0,06 mm



Slika 5. Meritev pravilnosti izvrtin (pravokotnost, vzporednost, ...) na triosnem merilnem stroju

ranca merila ($\pm 0,25$ mm) in se ne upošteva korekcije merila. Izračun merilne negotovosti pokaže nemogoče ugotavljanje ustreznosti vzorca, saj negotovost skoraj v celoti zasede toleranco ($>0,3$ mm).

S pravilno uporabo merilnega instrumenta dopuščamo večje varia-

cije vzorcev (90 %) in s tem povečamo ustreznost vzorcev v končni izdelavi. Pri zmanjševanju slabih izdelkov oziroma večanju zahtev odjemalcev si zares ne smemo privoščiti napak pri merjenju, saj te neposredno vplivajo na slabe izdelke, čeprav v veliki meri to niso. Z enostavnimi ukrepi in boljše načrtovanjem, obvladovanjem merilne opreme

lahko ustvarimo velike prihranke, čeprav sta prepogosta kalibracija in vzdrževanje merilne opreme strošek. Z razvrščanjem meril v nivoje glede na zahtevnost uporabe zmanjšamo možnost napak v procesu merjenja in s tem zagotovimo manjše število slabih izdelkov.