



## MJERNA I REGULACIJSKA TEHNIKA

Uređuje: Nenad Bolf

Mjerala protoka obično se umjeravaju na godišnjoj osnovi, ponekad češće, jer se "tako u tvornici uvijek radilo". Novi instrumenti i tehnologije u kombinaciji s pažljivim planiranjem i analizom rada mjernih pretvornika otvaraju vrata umjeravanju na sustavan način primjenom softverskih paketa, kako bi se ostvario bolji rad i ušteda.

### Umjeravanje mjerila protoka

|| N. Bolf\*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije  
Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za mjerenja i automatsko vođenje procesa  
Savska cesta 16/5a  
10 000 Zagreb

#### Kada i zašto treba umjeravati mjerila protoka?

Mjerilo protoka koje ne mjeri dobro može uzrokovati niz problema. Kod prijenosa i prodaje sirove nafte ili prirodnog plina i najmanja pogreška može stajati milijune kuna godišnje. Kod proizvodnje hrane i lijekova slične pogreške mogu negativno utjecati na kvalitetu i sigurnost prehrambenih proizvoda uz enormnu štetu i troškove koje mogu donijeti ovakve pogreške. Budući da je mjerenje protoka kritično na mnogim procesima, mjerila se standardno ugađaju na godišnjoj osnovi (jednom godišnje), mada to često nije nužno. U mnogo slučajeva to se radi stoga da bi se auditoru dokazalo da se instrumenti na postrojenju nadziru redovito. U mnogim tvornicama godišnje se umjeravanje pretvara u rutinu bez znanstvene osnove jer se vrijeme od jedne godine smatra adekvatnim prije pojave potencijalnih problema.

U dosta slučajeva redovito godišnje umjeravanje nije nužno budući da neka mjerila protoka zahtijevaju umjeravanje jednom u

tri ili četiri godine, ovisno o procesnom fluidu, radu i kritičnosti konkretnog mjerenja. U drugim pak slučajevima zahtijeva se češće umjeravanje, ponekad na mjesečnoj osnovi da se osigura sigurnost, djelotvornost ili usklađenost sa zakonom. Važno je shvatiti i da intervali umjeravanja nisu uvijek fiksni, a mogu se mijenjati ovisno o primjeni i prethodnom radu pojedinog mjerila.

Kako odrediti kad umjeravati mjerilo protoka? Odgovor je u planiranju umjeravanja shodno načelu najbolje prakse.

#### Važnost praćenja rada instrumenata za mjerenje protoka

Na početku treba procijeniti stanje sve instrumentacije uključivši mjerila protoka. U tu svrhu potrebno je prirediti popis sve instrumentacije i prateće opreme. Taj popis uključuje detalje kao što su opis mjerila, lokacija, uvjeti rada, radno područje i sl.

Prvi korak u analizi tih podataka je ustanoviti koji su instrumenti kritični za rad, okoliš i sigurnost. Voditelj instrumentacije (ili kvalitete) i voditelj održavanja osobe su koje imaju najbolji uvid i znanje o procesu i instrumentaciji. Njihov je zadatak utvrditi stanje opreme, način održavanja, radne uvjete i ograničenja vezana uz servisiranje instrumenata.

Nakon prikupljanja tih informacija počinje se od završnog proizvoda i dopuštene tolerancije vezane uz kvalitetu proizvoda. Nastavlja se unazad kroz stupnjeve procesa proizvodnje. Kod svakog stupnja procjenjuje se svaki instrument, a razmatra se imali li taj



\* Izv. prof. dr. sc. Nenad Bolf  
e-pošta: bolf@fkit.hr

instrument utjecaja na kvalitetu (među)proizvoda, rad procesa i sigurnost. Kad se formira cjelovita baza podataka, moći će se jasno odrediti kako često umjeravati pojedino mjerilo protoka.

Sljedeći korak je napraviti plan umjeravanja ovisno o prethodnim navedenim faktorima. U tom koraku moguće je konzultirati proizvođače opreme s kojima treba analizirati faktore i plan umjeravanja s obzirom na vaše potrebe.

## Prioritet i redosljed umjeravanja mjerila protoka

Nakon što se revidira baza podataka, važno je kategorizirati sva mjerila protoka shodno kriteriju kritičnosti. Podjela je prikazana u tablici 1.

Tablica 1 – Četiri kategorije prema kritičnoj važnosti

Instrumenti se klasificiraju u jednu od sljedećih kategorija:	
1.	Mjerila kritična za proizvod – izravno utječu na kvalitetu proizvoda
2.	Instrumenti kritični za proces/sustav – izravno utječu na rad procesa/sustava, ali ne utječu izravno na kvalitetu konačnog proizvoda ili sigurnost
3.	Instrumenti kritični za sigurnost i okoliš – izravno utječu na sigurnost operatora i osoblja te okoliš
4.	Nekritični instrumenti – smatra se da ne utječu na kvalitetu proizvoda, proces ili sustav, odnosno sigurnost i okoliš

U prvoj kategoriji nalaze se mjerila protoka koja izravno utječu na zaradu, bez obzira radi li se tu o miješanju kemikalija, dodavanju aditiva proizvodima ili mjerenju potrošnje pri prodaji.

U drugoj kategoriji su mjerila protoka koja mogu poremetiti proces ili druge procese i tako uzrokovati manju djelotvornost ili gubitke u proizvodnji, ali nemaju izravan utjecaj na kvalitetu i sigurnost.

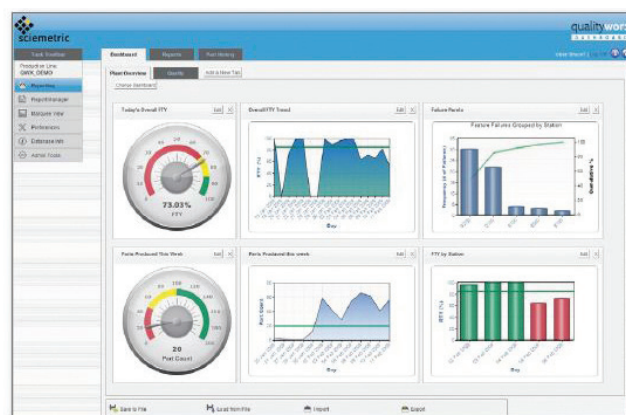
U trećoj kategoriji radi se o sigurnosti operatora, zaštiti opreme i okoliša. Ta mjerila ne trebaju biti iznimno točna, no u svakom slučaju trebaju raditi na ispravan način i pouzdano.

Nakon što se sva mjerila protoka identificiraju i klasificiraju u kategorije svakom uređaju treba dodijeliti maksimalnu dopuštenu pogrešku (engl. *Maximum Permissible Error – MPE*).

Kritična mjerila protoka obično će imati stroži MPE. Ako se auditoru ili drugoj odgovornoj osobi dokaže da nekritično mjerilo protoka nema utjecaja na kvalitetu proizvoda, sigurnost i okoliš i MPE je veći, konstatirat će se da nema potrebe ili da postoji rijetka potreba za periodičko umjeravanje. Nasuprot tome, kritična mjerila ponekad se moraju umjeravati češće da bi se održala kvaliteta proizvoda i sigurnost.

## Sustavi za upravljanje mjernom opremom

Podatke o mjerenju protoka treba pohraniti u programe za upravljanje opremom, održavanjem i instrumentacijom (engl. *asset management software*). Posljednjih godina pojavili su se moćni softverski alati za te poslove. Oni pružaju informaciju o stanju rezervnih dijelova, sadrže dokumentaciju i nacrt mjerila te originalne podatke o umjeravanju i certifikate.



Sva mjerila protoka umjeravaju se kod proizvođača prije dostave korisnicima, a ti podatci se lako unose u softver. Kad se mjerilo protoka ponovno umjerava, podatci se osvježavaju, a često se i automatski unose budući da noviji uređaji za umjeravanje komuniciraju sa softverom.

Još jedna novotarija omogućava pristup informacijama u sustavu putem mobilnih uređaja koje rabe osobe iz održavanja. Tehničar na postrojenju može pogledati prethodna umjeravanja, dijagnostičke podatke, upute za rad i druge informacije da bi lakše i brže dijagnosticirao problem s mjerilom protoka.

Dijagnostički podatci u novim sustavima automatski se učitavaju u sustav za upravljanje opremom. Tako se npr. za mjerenje Coriolisovim mjerilom mogu dobiti dijagnostički podatci o klizanju karakteristike osjetila, pogrešci osjetila, problemima s elektronikom, odstupanje okolne i procesne temperature te ostale korisne informacije. Na temelju tih podataka umjeravanje se može optimirati, dijagnosticirati problemi i otkriti manje pogreške koje s vremenom mogu izazvati veće probleme. Svi proizvođači omogućuju pristup tim informacijama u realnom vremenu putem komunikacije fieldbus (*Profibus PA, Foundation Fieldbus, Ethernet/IP*). U mnogo slučajeva suvremena mjerila protoka opremljena su s naprednom dijagnostikom koja automatski detektira pojavu problema, a putem alarma informira se odjel za održavanje o nastalom ili mogućem problemu.

## Kada umjeravati?

Plan umjeravanja obično zahtijeva pomoć proizvođača ili kvalificirane tvrtke za ugađanje. Frekvencija umjeravanja ovisi o kritičnosti mjerila i MPE-u, isto kao i karakteristikama medija koji se mjeri, duljini mjerenja (kontinuirano ili povremeno), potrebi za CIP-om (engl. *clean-in-place*), procesnim uvjetima i vrsti mjerila protoka (kontaktni ili bezkontaktni).

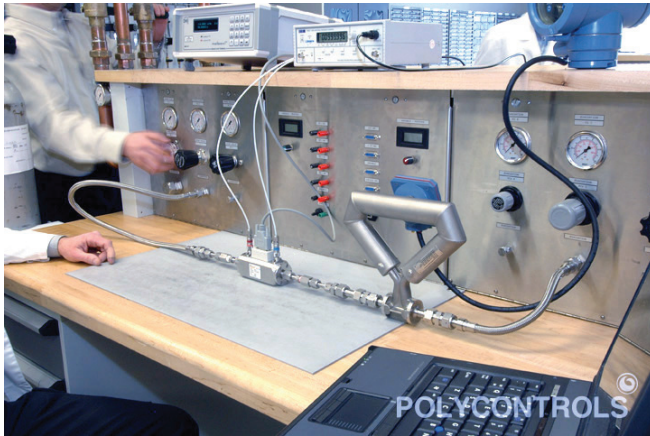
Na novom postrojenju učestalost umjeravanja temeljit će se na parametrima rada i uputama proizvođača. U već postojećem postrojenju važno je iskustvo i prethodno dokumentirana umjeravanja. Zahtjevi za kvalitetom i sigurnosti te propisi mogu diktirati specifične intervale za umjeravanje.

Jednom kad je plan umjeravanja u funkciju nekoliko godina, softver za upravljanje instrumentacijom dobiva značajnu ulogu. Kad je umjeravanje provedeno, novi podatci se snimaju i pohranjuju u bazu podataka. Ti podatci prikazuju status mjerila protoka prije i poslije umjeravanja, a mogu vrlo dobro indicirati da mjerilo ne treba umjeravanje toliko često kako se očekuje.

## Gdje umjeravati?

Ovisno o primjeni i normama koje treba zadovoljiti mjerila protoka mogu zahtijevati umjeravanje, dokazivanje i ovjeravanje. Kako bi se umjerila, mjerila protoka se demontiraju s procesa i dostavljaju u odgovarajuću ustanovu. Umjeravanje je postupak kojim se utvrđuje odnos između kvantitativne vrijednosti koju daje mjerilo protoka (npr. maseni protok u jedinicama) i referentne vrijednosti koja se dobiva referentnim mjerilom s poznatom mjernom nesigurnosti.

Akreditirani laboratoriji za umjeravanje moraju zadovoljiti zahtjeve norme ISO/IEC 17025, međunarodne norme koja definira kvalitetu i tehničke zahtjeve za umjerne laboratorijem da bi se osigurala mjerna slijedivost.



Umjeravanje se može provesti i u pogonu s prenosivim opremom. Prenosiva oprema nema istu točnost kao laboratoriji, što ovisi o specifičnosti mjerila. Prenosiva oprema omogućuje brz i jednostavan rad s minimalnim prekidima u proizvodnji, što je ponekad veoma bitno. Laboratoriji obično mogu umjeriti mjerila većih dimenzija i većih protoka. Tablica 2 prikazuje usporedbu laboratorijskih i umjeravanja *on-site*.

Tablica 2 – Usporedba laboratorijskog i *on-site* umjeravanja

Umjeravanje pretvornika protoka	Laboratorijsko	<i>On-site</i>
točnost	velika	srednja do veća
trajanje umjeravanja	dani – tjedni	sati
dimenzije opreme	1/24" – 12" i više	2" i manje , 3" – 4" <i>in-line</i> metodom
cijena	veća od <i>on-site</i>	manja od laboratorijskog

## Ovjera mjerila protoka

Ovjeravanje mjerila je postupak kojim se utvrđuje sukladnost mjerila odobrenom tipu i/ili udovoljavanje mjerila propisanim tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima. Treba znati da za razliku od umjeravanja, ovjeravanje ima cilj evidentirati da mjerilo protoka zadovoljava određene tehničke zahtjeve funkcionalnosti. Obično



se radi o detaljnom ispitivanju funkcionalnosti kako bi se potvrdila stabilnost osjetila i pretvornika te dokazalo da mjerenje daje kvalitativni rezultat. Sustav za verifikaciju prikuplja određen broj parametara vezanih uz odziv mjernog pretvornika. Te vrijednosti se provjeravaju pomoću posebnih algoritama u sustavu za verifikaciju i pregledom referentnih vrijednosti parametara sustava. Rezultat je trenutni status rada mjerila. Konačni rezultat je izvještaj o stanju mjerila protoka koji se temelji na utjecaju procesa, klizanju karakteristike, hardverskih problemima i sl. Na taj način definira se dugoročna stabilnost, stabilnost internih referencija te tvorničke referencije. U mnogim slučajevima takva provjera može se provesti za manje kritična mjerila kako bi se smanjila potreba za umjeravanjem.



Ultrazvučno mjerilo protoka sa stezaljkama, prikazano na slici, primjer je mjernog pretvornika protoka koji se rabi za provjeru rada mjerila protoka. Iako takvo mjerenje obično ima točnost od samo 2 – 5 %, usporednim mjerenjem s instaliranim mjerilom protoka može se utvrditi određeno slaganje i tako pokazati da instalirano mjerilo protoka mjeri odgovarajuće. Ta ispitivanja se provode za provjeru velikih mjerila protoka vode i otpadne vode ili kod mjerila koja su teško dostupna ili ih nije moguće demontirati za provedbu cjelovitog postupka umjeravanja.



## Zaključak

Zahvaljujući napretku u dijagnostici i suvremenim softverima, prijenosnim jedinicama za umjeravanje i pomoći proizvođača, danas je mnogo lakše uvesti sustav i plan umjeravanja mjernih pretvornika vodeći se načelima najbolje prakse. Jednom kad se takav sustav uspostavi, poboljšat će rad, štedjeti novac, a umjeravanja će se provoditi onda kada je to nužno.

## Literatura

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Calibration>
2. [www.us.endress.com/calibration](http://www.us.endress.com/calibration)
3. [http://www.dzm.hr/zakonsko\\_mjeriteljstvo/ovjeravanje\\_zakonskih\\_mjerila](http://www.dzm.hr/zakonsko_mjeriteljstvo/ovjeravanje_zakonskih_mjerila)
4. N. Bolf, Mjerenja i automatsko vođenje procesa, interna skripta, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, 2016.

## CJENIK SEPARATA KEMIJE U INDUSTRIJI

Autor	Naslov	Cijena
T. Cvitaš, Z. Meić, M. Pavlović, H. Vančik i dr.	SPEKTROSKOPSKI RJEČNIK, Kem. Ind. <b>31</b> (5) (1982) A1-A37	20,00 kn
N. Filipović-Marinić, B. Mihanović i M. Laćan	NOMENKLATURA alfa-AMINOKISELINA, Kem. Ind. <b>31</b> (11) (1982) B1-B16	20,00 kn
R. Šarac-Arneri i M. Laćan	STEROIDNA NOMENKLATURA, Kem. Ind. <b>31</b> (12) (1982) C1-C19	20,00 kn
Š. Horvat	NOMENKLATURE iz područja peptida i proteina, Kem. Ind. <b>37</b> (5) (1988) B1-B18	20,00 kn
V. Jarm i Z. Smolčić Žerdik	NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala, Kem. Ind. <b>37</b> (11) (1988) B19-B60	20,00 kn
M. Vukićević i M. Laćan	NOMENKLATURE iz područja ugljikohidrata, Kem. Ind. <b>37</b> (12) (1988) B61-B102	20,00 kn
N. Šegudović	NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala. II, Kem. Ind. <b>42</b> (2) (1993) B1-B37	20,00 kn
V. Jarm	NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala. III, Kem. Ind. <b>47</b> (12) (1998) B1-B56	20,00 kn
K. Mlinarić-Majerski i T. Šumanovac Ramljak	FANSKA NOMENKLATURA II. DIO: Promjena stupnja hidrogenacije i supstitucije derivata osnovnih fanskih hidrida, Kem. Ind. <b>59</b> (6) (2010) 295-310	25,00 kn
PDV na knjige po stopi od 5 % uključen u cijenu.		