

USA eksperdid

kulumõõturite kalibreerimise intervalli määramisest

Küsimused ja vastused

FlowControl. Veebiajakiri 15.07.2014

Originaal: <http://www.flowcontrolnetwork.com>

Diskussioonist võtsid osa:

Thomas Ballard

Louis C. Collins

Terry Grimely

Thomas Kegel

Scott Rouse

Karl Stappert

Vahendas eesti keelde: Märt Kõrgema

Küsimus: Kuidas määrata kindlaks millal on õige aeg kulumõõturi kalibreerimiseks? Milliseid tegureid tuleks seejuures arvestada?

Ballard: Meie poolt toodetud kulumõõturid, mis töötavad ultraheli levi (edaspidi: UH) printsiibil, kalibreeritakse tehases väljastamisel. Võttes arvesse, et UH mõõtur omab peaaegu olematut mõõtehälbe triivi ning ei oma liikuvaid mehaanilisi osi, siis kõige olulisem kalibreerimine ongi just esmane kalibreerimine tehases. Teatud juhtudel, nagu kulumõõturite keskkonnakaitse-alane kasutamine (nt puurtornis põletamisele kuuluva gaasi mõõtmine) või mõõturite kasutamine äritehingutes (joogivee mõõtmine), on kalibreerimise või taatlemise üldised nõuded tihtipeale määratletud valitsusasutuste poolt ning need tulevad mängu ka kalibreerimiseks õige aja kindlaks määramisel praktikas.

Collins: Tavaliselt te kontrollite (valideerite) oma kulumõõturit välistingimustel näiteks korra kuus ühte tüüpi vedeliku mõõtmise korral. Samas aga teete seda võimalikult mitu korda päevas juhul kui ühes torus transporditakse erinevaid vedelikke.

Korduskalibreerimine tehases või laboris on vajalik kui on kindlaks tehtud, et kas:

- mõõtetulemuste või mõõturi justeerimisteguri (K-teguri) korratavus on mitteaktsepteeritav;
- ei ole võimalik täita välistingimustel valideerimisele seatud nõudeid;
- mõõturil on jätkuvalt ebastabiilne vooluhulga või summaarse mahu näit (või väljundsignaal) ka pärast asjakohaste näidu parendamismeetmete rakendamist.

Kegel: USA-l ei ole olemas legaalmetroloogiat. Sellest tulenevalt ei ole riiklikult täpselt määratletud kulumõõturitele kalibreerimise või taatlemise intervalle.

Põhimõtteliselt on kõige õigem intervall leida kohapeal lähtudes konkreetse objekti riskide analüüsist ja ohjest.

Tõstatada tuleks alati esmalt küsimus:

Kui tähtis on see mõõtmine?

CEESI-s on meil olemas Statistiline Protsessijuhtimise programm, mis aitab klientidel määratleda õiget kalibreerimisintervalli ja jälgida kalibreerimisandmete ajalugu. Hea kontrollskeemi tuletamise näide on ka tavaline vedeliku süsivesinike mõõtmiste läbiviimine. API standard kirjeldab kuidas järgida testimise (kalibreerimise) protsessi. Kalibreerimine on nagu kindlustus: te maksate perioodiliselt kindlustmaksu ning saate vastu kindlustunde, et te oma mõõtmistes ei eksi.

Vii läbi tasuvusanalüüs!

Oletame, et korduskalibreerimine tuvastab 0,2% mõõtehälbe triivi, mis justeerimise käigus laboris ka korrigeeritakse. Milline on aga selle mõõturiga mõõdetava kauba koguse 0,2% hind? Milline on sel juhul kogu ette võetava mõõturi keeruka kalibreerimisprotsessi tasuvusaeg?

Märkus: 0,2% on tavalise kaasaegse kulumõõturi tootja poolt deklareeritud mõõtevea piirväärtus, seega näites põhjendatud.

Rouse: On **kaks põhilist** lähtepunkti, mis määravad kulumõõturi korduskalibreerimise intervalli:

- **Kliendi enda kvaliteedisüsteemist tulenevad määratlused.**

Enamike klientide (kulumõõturi kasutajate) kvaliteedisüsteemid deklareerivad kulumõõturi korduskalibreerimise intervallid. Levinuimalt on see määratletud pikkusega kuni mõned aastad, kuid samas nt toiduainete- ja farmaatsiaettevõtetes võib olla tsükliks ka 6 kuud.

Tuleb tähele panna, et on levinud väärarusaam, nagu ISO määratleks korduskalibreerimise perioodid. ISO aga ainult räägib meile kogu protsessi üldistest andmete säilitamise nõudmistest.

- **Näidu triiv.**

Praktiliselt kõik mõõturid omavad näidu ajalisi triivi alates algkalibreerimisest tehases. See võib olla seotud tööolukorras saaste kogunemisega, elektroonikakomponentide vananemisega, kuluanduris toimuvate füüsikaliste protsessidega, jne.

Triiv põhjustab tulemuste ebatäpsusi või nihet ning nõuab (kui selle aktsepteeritav piir on ületatud) justeerimise ja korduskalibreerimise läbiviimist. Mõned ettevõtted omavad nende eneste poolt välja töötatud valideerimisprotseduure, mis võimaldavad viia läbi kulumõõturi korrasoleku kontroll algse tehasekalibreerimise tulemuste suhtes. Kui mõõtur ei läbi seda valideerimist, tuleks see saata tagasi tehasesse või kalibreerimislaborisse seadistamisele ja korduskalibreerimisele.

Stappert: Kui kulumõõturi kalibreerimisintervall on kindlaks määratud riikliku regulatsiooni põhimõtete põhjal, siis enamikel juhtudel on see kindlasti teostatud võttes arvesse eelnevaid kalibreerimistulemusi ja protsesside kulgemise tingimusi ja iseärasusi.

Intelligentsed (nuti) kulumõõturid nagu Coriolis, UH, (ka EM-elektromagneetilised) omavad tihti enesediagnostika režiimi, mis võimaldab kindlaks määrata olukorrad, kui mõõtur toimib väljaspool talle omistatud normide piire. Neid võimalusi saab kasutada, et leevendada finantsilist riski kalibreerimisintervallide vahel või siis ka nende intervallide pikendamisel.

Millised tegurid tulevad veel mängu?

Kalibreerimisintervalli mõjutavad tegurid on ka:

- kalibreerimisega seotud tegevuste keerukus: nn *must töö* (nt keerukate tõstetööde vajadus, ka nt ülikeeruline juurdepääs paigaldisele), kõrged või madalad temperatuurid, keskkonnamisriskid;
- rahalised riskid;
- tööohutus- ja terviseriskid, mis samuti võivad olla seotud mõõtmisega.

Küsimus: Kuidas kulumõõturite kasutusamine on seotud kalibreerimise sagedusega/vajalikkusega?

Ballard: Nendel kasutuseladel, mis on enim kriitilised, omavad tavaliselt kulumõõturid kalibreerimise või taatlemise (nt joogivee korral) üldisi nõudeid. Meie poolt vaadatuna on need enimlevinud keskkonna-alastes (leegimõõturid) ja kommerts-mõõtmistel. Leegimõõturite korral on USA-s nõutud näiteks iga-aastase nn *nulli määramise katse* vastavalt Keskkonnakaitse Agentuuri (EPA) nõudmistele, mis on üks meetmetest, et tagada tootmisprotsesside vastavus õhu kvaliteedi standarditega.

MK märkus: Nn *leegimõõtur* mõõdab maardlate puurtornides tehnoloogilises protsessis põletamisele kuuluva gaasi kogust. Põletamine on aga teatavasti keskkonnakahjulik tegevus ja USA-s on ilmselt need mõõturid suure tähelepanu all.

Näiteks Kanadas on gaasi kommertsarvestuses kohustuslik mõõturite korduskalibreerimine laboris iga 5 aasta möödudes.

Vedelike kommerts-mõõtmiste korral kuuluvad paigaldised enamikel juhtudel katsetamisele välitingimustel, millede teostamise sagedus on kirjutatud lepingutesse ning vastab API standarditele.

Collins: Abrasiooni- või korrosiooniprotsessidest tingitud liigne tahkete osakeste hõljumi, liiva, torustiku sette, jne. olemasolu mõõdetavas vedelikus nõuab kindlasti hoolikat testitava mõõturi kontrolli. Lisaks ka vedelikus sisalduv gaas/õhk võib mõjutada vedeliku mõõtmisprotsessi.

Grimley: Mõõturi kalibreerimine on suurel määral tegevus riskide maandamiseks. Mida suurem on potentsiaalne oht (tavaliselt finantsiline), seda suurema kasu annab kulumõõturi kalibreerimine.

Kegel: Erinevad kulumõõturid vajavad erinevaid hooldus- ja kalibreerimisgraafikuid. Näiteks ilma liikuvate osadeta helisageduslik nn *düüsmõõtur* puhta veeldunud gaasi mõõtmiseks vajab ilmselt harvema intervalliga kalibreerimist kui turbiinmõõtur tahkete osakesi sisaldava gaasi või vedeliku voo mõõtmiseks.

Kommertsarvestus vs tehnoloogilise protsessi jälgimine/kontroll.

Tootmisprotsessi kontroll ei nõua üldjuhul kalibreerimist. Tähtis on ainult mõõtetulemuste korduvus ja korratavus. Tavaliselt kommertsarvestuse lepingud määravad kindlaks kalibreerimissageduse.

ISO 9000 kvaliteedisüsteemi omavad ettevõtted määratlevad tavaliselt ise oma mõõtevahendite kalibreerimiste intervalli.

Rouse: Tulles tagasi kahe peamise korduskalibreerimise vajadust nõudva põhjuse juurde:

Kui mõõturi töötab kriitilises kasutusalas, nagu inimese ohutus või tervis, võib kalibreerimistsükkel olla lühendatud. Samuti ka juhul kui mõõturi näit omab suurt kaalu rahaliselt kallite protsesside mõõtmisel.

Töötamine väga määrdunud keskkonnas või äärmusliku kuumuse, rõhu, vibratsiooni, jne tingimustel võib tunduvalt võimendada näitude triivi. See omakorda viitab sagedasema mõõturi

puhastamise ja korduskalibreerimise vajadusele.

Stappert: Protsessid saastunud vedelikes võivad põhjustada torudes ja vee voolamise õgvendis (selle olemasolul) lisandite settimise, kutsudes seetõttu esile vee voolamise profiili moonutused, mille suhtes on aga tundlikud mitmedki kulumõõturid. Nagu rõhulangu mõõtmisel põhinevad mõõturid (ava, v-koonus, kiil), turbiin-, pöörismõõturid, jne.

Mustus ja praht võivad sadestudes mõõturi mõõtekanalis vähendada selle mahtu (diameetrit), mis omakorda tõstab vee kiirust ja viib seega positiivse mõõtevea nihkeni (*üleregistreerimine*).

Kulumõõturid, mis mõõdavad ka vedeliku tihedust (nt massi teisendamise eesmärgil mahuks), on allutatud samuti saastest tingitud tiheduse mõõtmisel tekkiva lisa-mõõtehälbele.

Turbiinarvestid on väga tundlikud *Reynoldsi arvu*, vedeliku tiheduse, viskoossuse muutustele, mis dikteerivad seega tihedama korduskalibreerimise vajaduse.

Söövitavad ja erodeerivad vedelikud viivad samuti kindlasti korduskalibreerimise vajaduse sagenemisele.

Kiiresti ajas muutuvad protsessid (nt tsükliline vee tootmine puurkaevudest, muutuvad kütuse vooluhulgad mootorite ja boilerite käivitusprotsessides) on väga kahjulikud mõõturitele, mis omavad pöörlevaid elemente (turbiinmõõturid, kolbmõõturid, jt).

Küsimus: Millised probleemid võivad tekkida kui kulumõõtur ei ole korralikult kalibreeritud või ei olegi kalibreeritud?

Ballard: Väga lihtne vastus: teie paigaldis omab suuremat mõõtemääramatust.

Kalibreerimine annab mõõtmistele kindluse. Kuigi enamik mõõtureid töötavad suurepäraselt ka ilma kalibreerimiseta, ei ole sul siiski sel juhul kunagi kindlustunnet oma mõõtmiste jälgitavuse suhtes kõrgemate etalonideni.

Collins: Massi/mahu vooluhulkade ja kumulatiivse mahu pidevad ekslikud mõõtmised põhjustavad tihti rahalisi vaeleavestusi, ekseid protsesside juhtimises.

Grimley: Hoolimatu kalibreerimine või, mis veelgi tavalisem, kalibreerimistulemuste vale kasutamine, võivad tekitada vooluhulga mõõtehälbe nihkeid, mis omakorda võivad viia kogu tootmisprotsessi probleemideni nagu näiteks süsteemi tasakaalu rikkumine, rahaliste probleemideni, ekseteni efektiivsusearvutustes.

Kalibreerimistulemuste vale kasutamise näide on kui kalibreerimisel määratud parandid on sisestatud ekslikult nii mõõturisse kui mõõtmisega seotud arvutuste algoritmi (nn *topeltkorrektsioon*).

Mõnedel juhtudel võib uue mõõturi kaasas olev tootjapoolne üldine kasutusjuhend olla piisav soovitud mõõtemääramatuse kinnitamiseks kogu seadme kasutamisel.

Aga kui mõõtur ei ole valideeritud mitte mingil viisil enne kasutuselevõttu, võivad hiljem tekkida põhjendatud küsimused teemal *mõõturi tegelik näit vs deklareeritud mõõturi näit*.

Isegi parimad ja tuntuimad tootjad toodavad mõnikord ebatäpseid seadmeid ning kalibreerimise ülesanne ongi need üles leida ja parandada.

Kegel: Lihtne vastus on: vale mõõtmine. Kõrvalekalde suurus võib olla teadmata.

Rouse: Ilmne probleem mittekalibreeritud mõõturi korral on selle toimise usaldusväärsuse langus. Täpsus on kriitiline paljudes protsessides. Selgeim näide on kui kulumõõtur on kasutusel rahalises arvestuses (kommertsarvestuses). Ebatäpne kulumõõtur hakkab põhjustana lisakulutusi kas siis tarbijale või tootjale olenevalt sellest, kumma kasuks tegelik mõõtehälve on.

Samamoodi ka protsessid bioloogilistes või keemilistes reaktsioonides soovitud koostisega toote saamiseks sõltuvad reagentide mõõtmistäpsusest.

Stappert: Selline olukord viib olukordadeni nagu:

- Üleregistreerimine (tarbijavaenulik: *originaalis on kasutatud väljend: vanaema sööb koeratoitu*);
- alaregistreerimine (tootjavaenulik: *aktsionärid söövad koeratoitu*);
- protsessi/tulemuse mittevastavus nõuetele;
- toote kvaliteet ja kvantiteet ületab mõistlikku tolerantsi;
- finantsiliste ja regulatiivsete kohustuste tekkimine.

Küsimus: Kas rangemad valitsusepoolsed volitused on suurendanud vajadust kulumõõturite kalibreerimiseks? Kuidas?

Ballard: Absoluutselt – viidates mu näidetele vastuses Nr.2. Lisaks mõnedes riikides volitatud asutused, nagu Norras, annavad väga konkreetseid suuniseid mõõturite kalibreerimiseks ja tõendamiseks.

Collins: Näidetena võib tuua USA-s Keskkonnaameti TNRRC, Maaameti BLM ja Keskkonnakaitse ameti EPA ettekirjutised.

Kegel: Me näeme, et kalibreerimiste arv riikliku kontrolli all olevates tööstussektorites kasvab. Keskkonnakaitse amet EPA on võtnud veelgi rangema kontrolli alla leegimõõturid ning sellest tulenevalt nende osa kalibreerimistel on tunduvalt kasvanud.

Süsihappegaaside pidev seire on samuti viinud korduskalibreerimiste aktiivsuse suurenemisele. Tööstus vajab süsihappegaaside koguste seireks ja mõõtmiseks üha enam selleks ette nähtud kulumõõtureid. Süsiniksisalduse seire ja muu keskkonna alane tegevus on jõudnud ka kommertsarvestusse.

Valitsusasutused soovivad näha üha rangemalt ettevõtete kvaliteedi alast dokumentatsiooni, mis sisaldavad kindlasti ka põhjendatud korduskalibreerimise intervale. CEESI kogemused näitavad, et FDA, NRC ja FAA on enim nõudlikumad asutused sellel alal.

CEESI teenindab ka *ülemere* kliente. Üldiselt me leiame, et välismaistel ettevõtetel on veelgi suurem regulatsioonidest tulenev kohustuste koorem kui meil siin USA-s.

Rouse: Valitsuste määrused on mõjutanud eelkõige heitkoguste kontrolli valdkonda. Föderaalsed, riiklikud ja kohalikud õigusaktid nõuavad paljudes tehnoloogilistes protsessides põlemisel tekkivate gaaside ja kasvuhoonegaaside mõõtmist. Reguleeritavate valdkondade arv laieneb. Need normdokumendid määravad kindlaks teatud meetodid ja ka kalibreerimiste perioodsuse alused kasutatavate kulumõõturite jaoks. Isegi kui need selgesõnaliselt seda ei määratle, siis paljud ettevõtted siiski mõõdavad neid heitmeid eesmärgiga kompenseerida süsiniku väljastamist, taaskasutada heitgaase ning vältida kopsakaid trahve. Nafta- ja gaasimaardlates põletatavate gaaside mõõtmine on näide sellest tegevusest.

Stappert: Toote kvaliteedi, kvantiteedi, tervise, ohutuse ja keskkonnakaitse rangem riigipoolne reguleerimine on loonud kasutajale aluse kalibreerimisintervalli määratlemiseks praktikas. Vastutus võimaliku mittevastavuse korral regulatsioonidele on ajendanud kulumõõturite kasutajaid oma kalibreerimiste praktika iseseisvale reguleerimisele.

Küsimus: Millised on mõned üldisemad kulumõõturite kalibreerimise probleemid, millest ka lõpptarbijad võiksid teadlikud olla?

Ballard: Tõenäoliselt on kõige levinumaks probleemiks vead paigaldusel. Isegi laborites, mis on akrediteeritud ISO17025 vastavalt ning omavad jälgitavaid etalone, võib torustik ja paigaldis ise mõjutada testitavat mõõturit. Paigaldus on ka üks suuremaid mõõtemääramatuse allikaid kalibreerimistulemuste ülekandmisel laborist paigalduskohta - toruliited võivad muutuda, nihkuda, ning põhjustada seega ka torus voolamise profiilimuutusi.

Collins: Võimetus vaidlustada kalibreerimisel/testimisel kasutatavat tehnoloogiat ja meetodi, mõõtetulemusi. Samuti massi kulumõõturite kalibreerimise aktsepteerimine mahumeetodil.

Kegel: Pean suurimaks kitsaskohaks kalibreerimist mittevastavuses kliendi taotlusele. Õiged kalibreerimistingimused iga eritüüpi kulumõõturile on tähtsaks teguriks usaldatava kalibreerimistulemuse saamisel. Sealhulgas on tähtsad ka kulumõõturi sisse- ja väljavoolu tingimused, mis peaksid võimalikult täpselt vastama lõpptarbija juure olevale konkreetsele situatsioonile.

Üldlevinud on kalibreerimine asendusvedelikuga. Klient võib mõõta rasket õli kuid kalibreerimisel kasutatakse selle asendusena vett. Samamoodi aurumõõturi kalibreerimisel võib olla laboris kasutusel suruõhk.

Katsetuste programm kalibreerimisprotsessis laboris peab olema väga hoolikalt planeeritud ja valideeritud võttes arvesse mõõturi tüüpi ja kõiki kasutamistingimusi.

Grimley: Labori poolt vaadatuna on üks levinumatest küsimustest suutmatus planeerida ette oma mõõturite kalibreerimisalast tegevust. Ooteaeg enamikes gaasi ja vedelike mõõturite kalibreerimisele on tavaliselt üks või enam kuud, nii et heal tasemel planeerimine on siin väga oluline.

Kliendi enda poolne arusaamine, millised mõõturi tööd mõjutavad paigaldise osad (koostud) koos kulumõõturiga on vaja saata laborisse on samuti kriitilise tähtsusega usaldatava kalibreerimistulemuse saavutamisel. See võib olla aga eri tüüpi arvestite jaoks väga erinev.

Rouse: Tähtsaks probleemiks pean ka kulumõõturi tööolukorras valideerimise ekslikku esitamist kui kohapeal kalibreerimine.

Tööolukorras valideerimine on kulumõõturi töö võrdlemine tehase või labori kalibreerimistulemustega triivi olemasolu määramise eesmärgil.

Kui triivi olemasolu on selle tulemusel täheldatud on tavaliselt vajalik järgnevalt saata see kulumõõtur tagasi tehasesse või laborisse.

Paljud firmad reklaamivad aga seda kulumõõturi töö kontrolli (valideerimist) kui paigalduskohal kalibreerimist. Enamikel juhtudel ei ole see aga nii, sest nagu eespool märgitud, enamik teada olevaid tööstuslike kulumõõturite kalibreerimisseadmeid (stende) ei ole ju teisaldatavad.

Stappert: Laborite poolt nende kasutamisel olevate tugietalonide pime usaldamine (usalda, aga kontrolli!); kulumõõturite kalibreerimine väljaspool labori akrediteeritud mõõteulatust.

Küsimus: Milliseid arenguid näete kulumõõturite kalibreerimisel edaspidi? Kas on olemas sellel alal tehnoloogiate ja rakenduste trende, mis võiksid mõjutada kulumõõturite kalibreerimisprotsesse tulevikus?

Ballard: Kahtlemata on olemas trend kalibreerimiste arvu ja sageduse vähenemisele. Praegu otsitakse lahendusi ennetavate diagnostikate ja selle alusel leitud hälvete reaalse korrigeerimise algoritmide leidmiseks. Samuti aitab diagnostika kiirendada kalibreerimisprotsessi edastades kasutajale rohkem teavet reaalajas.

Tootjana (GE) on meie eesmärk tulevikus tagada kliendile piisav mõõtemääramatus ilma kalibreerimiseta tagades samas kõrgeima mõõtetäpsuse.

Collins: Pädevate töötajate vajaduse edasine kasv laborites kuni kalibreerijateni/katsetajateni välja. Vee asendusege meetodide välja töötamine kulumõõturite kalibreerimisel (nn *kuivkalibreerimine*), mis võimaldaks ka sellise kalibreerimisprotsessi jälgitavust kuni NIST-i etalonideni.

Kegel: On näha, et väga erinevad tööstuse valdkonnad vajavad edaspidi üha väiksemat mõõtemääramatuse väärtust. On olemas suurem rõhuasetus kulumõõturite kalibreerimisele ning teistel mõõtmistele samas kulumõõturite kasutamise valdkonnas.

Grimley: Isegi mõõtmisprotsessis kasutatava elektroonika ja füüsika üldistele edusammudele vaatamata jääb kalibreerimine ka edaspidi mõõtmisprotsessi tähtsaks osaks kuna see vähendab mõõtehälbe olemasolust tulenevaid riske. Mõõturite enesediagnostikafunktsiooni areng jätkub ja see annab kasutajale õigeaegselt märku muutustest mõõturi töös. Tööolukorras teostatud kulumõõturi diagnostika tulemuste sidumine konkreetse mõõtehälbe väärtusega ja selle kompenseerimisega nõuab veel uurimist ja arendamist tulevikus.

Rouse: Tähtis on tulevikus usaldusväärne tööolukorras kohapealse kalibreerimise teostamine. Mitte kellelegi ei meeldi saata kulumõõtur tagasi tehasesse või laborisse korduskalibreerimisele: seisuaeg maksab, see on ebamugav ja mõjub negatiivselt tootmisprotsessile. Trendiks on teisaldatavate kalibreerimisseadmete kasutamise kasv (nagu mõõtekolvid väiksemate vooluhulkade korral). Tööstuslike kulumõõturite jaoks on arengusuunaks vähendada anduri triivi, seejärel töötada välja ja pakkuda vahendid väikeste (mitte panust andvate) mõõtehälbe triivide

avastamiseks tööolukordades ning sellega vähendada korduskalibreerimiste vajadust.

Stappert: Kalibreerimine kasutades nn *master*-mõõtemetodi (*masteriks* ehk etaloniks on kõrge korratavusega kulumõõtur) muutub üha levinumaks. Kohapeal teostatav nutimõõtu enediagnostika üha laienevad võimalused hakkavad reguleerima korduskalibreerimise intervalli. Coriolis-tüüpi vedeliku massimõõturist saab tulevikus tõenäoliselt enimkasutatavaim *master*-kulumõõtu tüüp.

[Vaata lisaks kulumõõturite kalibreerimiset:](#)

[Ajakiri LinkedInis](#)

[Flowmeter calibration landscape](#)

[To calibrate or not to calibrate](#)