

DETERMINAREA NUMĂRULUI OPTIM DE CICLURI DE MĂSURARE LA ETALONAREA CALIBRATOARELE DE PRESIUNE

Ion Sandu ^{*}, Livia Dragomir ^{**}, Brândușa Pantelimon ^{***}

^{*}Institutul Național de Metrologie, e-mail: sandu@inm.ro

^{**}Institutul Național de Metrologie, e-mail: dragomir@inm.ro

^{***}Universitatea Politehnica București, Facultatea Electrotehnică,
e-mail: bpante@electro.masuri.pub.ro

Abstract:

This work presents the calculation of the optimal number of measurement cycles used in calibration of the pressure calibrators. As we know the pressure calibrators are smart transducers [5] having high metrological performances. They are very accurate and more stable than transducers and are used as standards in calibration of the transducers. The specialists from INM have elaborated a calibration method, a procedure of calibration [3] and working instructions [4] for pressure calibrators. Evaluation of the uncertainty [2] in calibration of the pressure calibrators is very important and need a good experience. In conformity with [3] the uncertainty of measurement, associate with the result of measurement, have to be maximum $\frac{1}{2}$ from the tolerate error of the pressure calibrator. In the calibration of the apparatus with elastic sensing element, the repeatability of the measurements is very important and this can be smaller if the number of measurement cycles is bigger. Because the value of repeatability is multiplied with the Student coefficient we need more number of measurement cycles, but this takes more time and more money. This work describes the calculation of the measurement uncertainties, in calibration of the pressure calibrators, for 2, 3 and 6 cycles of measurements. As we can see in figure 1, the optimal number of the measurement cycles, take into account the Student coefficient and the condition for the value of uncertainty, is three.

1. INTRODUCERE

După cum bine se știe, calibratoarele de presiune sunt de fapt traductoare inteligente de presiune, cu performanțe constructive și metrologice superioare traductoarelor [5].

Calibratoarele de presiune sunt utilizate, în rare cazuri, uneori, pentru măsurarea presiunii cu mare exactitate. În cele mai multe cazuri calibratoarele sunt utilizate ca etaloane, în vederea verificării traductoarelor de presiune sau a altor mijloace de măsurare a presiunii cu exactități de măsurare mai mici.

În cadrul Institutului Național de Metrologie un colectiv de specialiști, a elaborat pentru prima dată o metodă de etalonare a calibratoarelor de presiune, o procedură de etalonare [3] și instrucțiuni de lucru [4] pentru aceste calibratoare.

Evaluarea incertitudinii de măsurare, la verificarea/etalonarea traductoarelor și calibratoarelor de presiune, este una din operațiile foarte importante și care necesită experiență și cunoștințe temeinice în domeniu.

Valoarea incertitudinii de măsurare este funcție de metoda de verificare/etalonare utilizată, de etaloanele folosite și de condițiile în care au loc operațiile respective.

La calibratoarele din generația veche, ținând cont și de caracteristicile tehnice și metrologice ale acestora, de o calitate nu tocmai satisfăcătoare, la o etalonare se efectuau 5-6 cicluri de măsurare, pentru a pune în evidența erorile de fidelitate și de histerezis.

Pe măsură ce traductoarele și calibratoarele au evoluat, prin îmbunătățirea performanțelor tehnice și metrologice, erorile de fidelitate și de histerezis s-au micșorat foarte mult.

În conformitate cu normativele internaționale [2], în cazul traductoarelor de presiune, incertitudinea de verificare/etalonare trebuie să fie de cel puțin patru ori mai mică decât eroarea tolerată a traductoarelor.

În cazul calibratoarelor de presiune incertitudinea de etalonare trebuie să fie, de regulă, cel mult jumătate din eroarea tolerată a acestora [3].

La o privire rapidă a problemei poate părea surprinzător faptul că în cazul traductoarelor, raportul dintre eroarea tolerată și incertitudine, este mai mare decât în cazul calibratoarelor, dar aceasta este explicată de faptul că exactitatea de măsurare a calibratoarelor este mult mai mare decât a traductoarelor, iar exactitățile de măsurare ale etaloanelor utilizate, la etalonarea calibratoarelor, sunt limitate fizic. Din această cauză, incertitudinea de măsurare asociată rezultatului măsurării, în cazul etalonării calibratoarelor de presiune, în vederea utilizării acestora în condiții de exactitate ridicată, în conformitate cu scopul pentru care au fost destinate, s-a stabilit, prin normative, a fi de maxim $\frac{1}{2}$ din eroarea tolerată a calibratorului.

2. PREZENTAREA REZULTATELOR

În lucrare se prezintă cazul a trei calibratoare de presiune, de ultima generație, cu caracteristici tehnice și metrologice performante (repetabilitate foarte bună, histerezis practic nul, derivă în timp foarte mică), supuse operației de etalonare prin efectuarea unui număr de 2, 3 și 6 cicluri de măsurare.

Prin ciclu de măsurare se înțelege efectuarea unei verificări cu presiuni în creștere urmat de verificare cu presiuni în descreștere.

Etalonarea s-a efectuat în 11 puncte de presiune, uniform distribuite pe domeniul de măsurare și care obligatoriu să conțină punctul de zero și punctul de presiune maximă.

Necesitatea efectuării mai multor cicluri de măsurare se explică prin dorința obținerii unei repetabilități (incertitudine de tip A) foarte mici.

În condițiile unei etalonări corespunzătoare (cu o metodă validată, utilizând un etalon corespunzător și în condiții de mediu corespunzătoare), repetabilitatea de măsurare (incertitudinea de tip A) este cu un ordin de mărime mai mică decât incertitudinea de tip B, în care ponderea cea mai mare o reprezintă incertitudinea dată de etalon.

Repetabilitatea foarte bună a calibratoarelor se datorează, în primul rând performanțelor îmbunătățite ale senzorilor, dar și softului încorporat cu performanțe superioare în ceea ce privește liniarizarea curbelor de transfer.

Datorită electronicii utilizate, indicațiile sunt foarte stabile nemaexistând acele fluctuații, care de multe ori ajungeau până la o treime din eroarea tolerată a calibratorului și care complicau foarte mult calculul valorilor medii și al incertitudinilor.

În cazul general al aparatelor cu element elastic sensibil, ceea ce este și cazul calibratoarelor, al căror senzor este un element elastic, valoarea erorii de repetabilitate a măsurărilor, este funcție și de numărul de determinări efectuate, pus în evidență de coeficientului "t" din distribuția Student; eroarea de repetabilitate se multiplică cu coeficientul "t", care este cu atât mai mare cu cât numărul de determinări este mai mic.

Tabelul 1

Nr. de grade de libertate ν	Probabilitatea p, %					
	68,27	90	95	95,45	99	99,73
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66	235,80
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92	19,21
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84	9,22
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60	6,62
5	1,11	2,02	2,57	2,65	4,03	5,51
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71	4,90
7	1,08	1,89	2,36	2,43	3,50	4,53

Nr. de grade de libertate ν	Probabilitatea p , %					
	68,27	90	95	95,45	99	99,73
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36	4,28
9	1,06	1,83	2,14	2,32	3,25	4,09
10	1,05	1,81	2,13	2,28	3,17	3,96
∞	1,000	1,645	1,960	2,000	2,576	3,000

În acest sens, în cadrul unui studiu, s-au determinat, experimental, erorile de repetabilitate pentru mai multe calibratoare de presiune, efectuându-se pentru fiecare dintre acestea câte 2, 3 și 6 cicluri de măsurare. Valorile pentru “ t ” sunt date în tabelul 1, funcție de numărul gradelor de libertate “ γ ”.

Numărul gradelor de libertate este $\gamma = n - 1$: unde $n =$ nr. de măsurări.

Prin convenție[1] s-a stabilit ca incertitudinea de măsurare să fie exprimată pentru o probabilitate de 95,45 %, ceea ce corespunde unui factor de multiplicare a incertitudinii $k = 2$ (la o probabilitate de 68,27 %, $k = 1$; la 95,45 %, $k = 2$ iar la 99,73 %, $k = 3$).

Analizând incertitudinile asociate valorilor de presiune, se constată că, în cazul a două cicluri de măsurare, incertitudinea este de cca. trei ori mai mare decât în cazul a trei cicluri, datorită coeficientul de multiplicare t_p din tabelul 1 (pentru un factor de multiplicare $k = 2$), care este, pentru un grad de libertate (două cicluri de măsurări), de trei ori mai mare decât coeficientul pentru două grade de libertate (trei cicluri de măsurări).

În urma prelucrării datelor de măsurare, efectuate pe trei calibratoare de presiune, de clasă de exactitate 0,025 % și intervale de măsurare de (0...2) bar, (0...350) mbar și (0...21) bar s-a obținut graficul din figura 1, ce exprimă în procente, raportul dintre incertitudinea de măsurare și eroarea tolerată funcție de numărul de determinări.

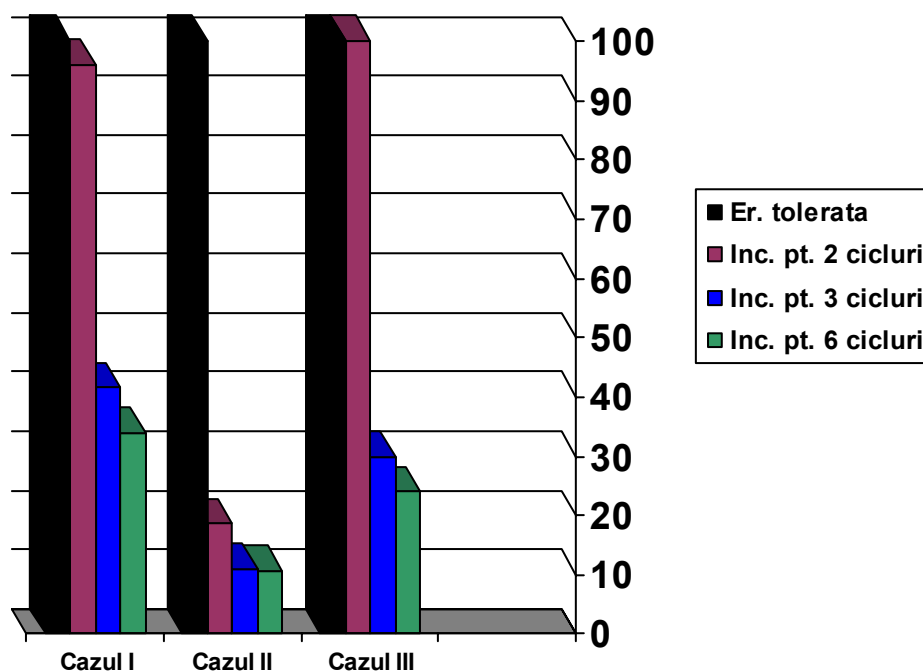


Fig. 1 – Raportul dintre eroarea tolerată și incertitudine funcție de nr. de cicluri de măsurare

ATEE - 2004

Se observă că incertitudinea calculată pentru două cicluri de măsurări este mare, aproape egală cu eroarea tolerată a calibratorului, tocmai datorită valorii mari a coeficientului “t”. Raportul între incertitudinile de etalonare determinate pentru două cicluri de măsurare și trei cicluri de măsurări este de aproape 3/1, ceea ce păstrează raportul coeficienților “t”, iar diferența dintre incertitudinile de etalonare pentru trei cicluri de măsurare și șase cicluri de măsurare nu depășește, în cel mai rău caz 20%.

Cazul II reprezintă un caz atipic, pentru un calibrator pentru care eroarea tolerată are o valoare mare, întrucât se iau în calcul și erorile de histerezis și cu temperatura.

3. CONCLUZII

Până acum în procesul de etalonare al calibratoarelor de presiune se efectuau 6 cicluri de măsurare, datorită în special caracteristicilor tehnice și metrologice ale calibratoarelor, și anume: histerezis mare, instabilitate a indicațiilor și derivă mare în timp.

În ultimul timp noile generații de calibratoare sunt mult mai performante, lucru datorat în special soft-ului încorporat, mult mai elaborat și care efectuează o serie de corecții asupra curbei de transfer, constatându-se că histerezisul este practic nul, indicațiile sunt foarte stabile, iar repetabilitatea măsurărilor este foarte bună.

Pe baza unor experimentări s-a constatat că numărul optim de cicluri de măsurare, utilizate la etalonarea calibratoarelor de presiune, care ține seama de raportul dintre incertitudine și eroarea de măsurare este de trei cicluri de măsurare.

Numărul de trei cicluri de măsurare asigură obținerea incertitudinii maxim impuse și totodată elimină un volum mai mare de muncă și de timp, în situația în care s-ar fi efectuat un număr mai mare de cicluri de măsurare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] SR 13434 “Ghid pentru evaluarea și exprimarea incertitudinii de măsurare”, 1999.
- [2] EA – 4/02 “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”, December 1999.
- [3] Procedură specifică PS 03-02.02 - INM “Etalonarea calibratoarelor de presiune”, 2004.
- [4] Instrucțiune de lucru IL 03.01 – 02.02 – INM “Etalonarea calibratoarelor de presiune”, 2004
- [5] Pantelimon, B., Iliescu, C., - Senzori și traductoare, Editura TRITONIC, București, 2000.