

Aspecte ale măsurării corecte a temperaturii.
1. Măsurarea unui punct de referință ITS-90.

19 Aprilie 2004

În notele tehnice anterioare au fost prezentate rezultate privind compararea a două termometre cu exactități apropiate utilizând două tipuri de termostate ISOCALT® și care au evidențiat trei aspecte importante în măsurarea corectă a temperaturii, și anume:

- (i) rezistența termică între elementul sensibil și mediul de imersie;
- (ii) rezistența termică între elementul sensibil și teaca de protecție;
- (iii) gradientii de temperatură în mediul de imersie.

Având în vedere că aceste rezultate pot să pară neconvingătoare și prezentate prea savant chiar pentru majoritatea metrologilor, vom analiza în nota de față aspectele experimentale ale măsurării unui punct de referință conform scării internaționale de temperatură – ITS (ultima variantă oficială fiind cea din anul 1990), iar în notele următoare să prezentăm rezultate obținute cu ajutorul unor celule de puncte fixe (de referință) conform acestei scări. Deși este la îndemâna oricărui laborator de metrologie celula cu punctul triplu al apei ca etalon fundamental conform ITS-90, acesta nu este utilizat decât foarte rar și fără a se ține seama în mod explicit și controlat de aspectele analizate în această notă.

Marea majoritate a metrologilor sunt obișnuiți cu băile de imersie cu lichid pentru care se admite aprioric că cele trei aspecte enumerate mai sus sunt rezolvate sau nu au relevanță prin creșterea progresivă a adâncimii de imersie astfel ca variația temperaturii corespunzătoare variației înălțimii de imersie să nu depășească o anumită valoare (exemplu norma de verificare/etalonare a termometrelor cu rezistență de platină, NML 4-04-01/2001). Problema gradientilor de temperatură se consideră a fi rezolvată (dar nu verificată) prin circulația forțată a fluidului.

Băile de imersie cu lichid prezintă importante inconveniente practice, iar etaloanele fundamentale nu presupun imersia tijei termometrului de etalonat (de obicei termometrul cu rezistență de platină etalon – SPRT) direct într-un mediu lichid cu circulație controlată. Deși cele mai importante centre de metrologie din lume (NIST, PTB, NPL, BNM, etc.) prezintă numeroase studii și rezultate privind etaloanele fundamentale și etalonarea SPRT, aceste aspecte nu au fost încă explicitate pentru a fi evaluate cantitativ pe cazuri practice.

Descrierea dispozitivului de bază al sistemului de măsură.

În Figura 1 este reprezentată schematic secțiunea prin dispozitivul de bază propus pentru măsura temperaturii de referință conform ITS. Elementul sensibil

(3) al termometrului de măsură (ex.SPRT) a temperaturii de referință (TE) este montat într-o teacă protectoare (2) împreună cu firele de conexiune (4). Deoarece pe de o parte diametrele tecilor protectoare ale termometrelor de măsură nu au același diametru, iar pe de altă parte aceste teci nu trebuie să facă contact termic între ele pe toată lungimea, trebuie utilizat un bloc metalic (5) care face legătura termică între cele două teci pe o lungime ce depășește lungimea elementului sensibil. Acest bloc va acționa ca o lentilă termică în acest volum, minimizând gradientii de temperatură atât radial (nefigurat) cât și pe lungimea (TBU-TBL) dispozitivului.

Pentru a stabili diagrama de legătură a sistemului de măsură asociat acestui dispozitiv de bază, va trebui să observăm mai întâi că cele două teci (1,2) și firele de conexiune (4) formează elemente disipative (exprimate prin rezistențe termice) între suprafețe echipotențiale apropiate de TE-ITS și mediul ambiant (TA). Din această cauză apar gradientii de temperatură importanți în lungul acestor elemente care trebuiesc controlați riguros.

În Figura 2 este reprezentată diagrama de legătură a acestui dispozitiv de bază construită cu ajutorul principiilor topoenergetice stabilite și aplicate anterior pe dispozitive similare [1,5]. Acestea au fost aplicate și la modul de lucru cu modelul de termostat/calorimetru tip ISOCALT® 2.2R (TN2-2004). Vom preciza semnificația acestor mărimi:

- TM = temperatura medie a elementului sensibil (3);
- CS = capacitatea calorică a elementului sensibil;
- R3 = rezistența termică între elementul sensibil și blocul metalic (5);
- TB = temperatura medie a blocului metalic;
- CB = capacitatea calorică a blocului metalic;
- R1 = rezistența termică între tija protectoare (2) și TA;
- R2 = rezistența termică între blocul (5) și TA;
- R4 = rezistența termică a firelor de conexiune a elementului sensibil;
- R5 = rezistența termică a tije de imersie (1).

Amintim că rezistența termică, R, se măsoară în (K*s/J), iar ca principiu topoenergetic de bază, dimensiunile elementelor constitutive sistemului de măsură sunt „ascunse” în valoarea acestora [1,5]. În aceste condiții, rezistența termică apare ca inversul coeficientului de termoconductivitate în care lipsesc în mod explicit dimensiunile mediului disipativ.

Dacă notăm cu w_i fluxul caloric disipat prin R_i , există următoarele relații:

$$w_4 = (TA-TB)/R_4 = w_3 = (TM-TB)/R_3 \quad (1)$$

de unde rezultă că

$$TM = (TB(R_4-R_3) + R_3TA)/R_4 \quad (2)$$

De aici rezultă că $TM \rightarrow TB$ pentru $R4 \rightarrow \infty$ și $R3 \rightarrow 0$. În mod similar rezultă că $TB \rightarrow TE$ pentru $R2 \rightarrow 0$. Chiar dacă aceste relații par banale, experimental lucrurile nu sunt chiar simple și trebuie determinate cantitativ cu mare exactitate pentru a se stabili incertitudinea de măsurare.

Concluzii

Importanța valorilor acestor elemente din circuitul caloric al sistemului de măsură a fost evidențiată prin rezultatele prezentate cu cele două modele ISOCALT®. Vom observa imediat că pentru ca TM să se apropie cât mai mult de TE se impune ca:

- (a) R1, R4 și R5 să aibă valori cât mai mari;
- (b) R2, R3 să aibă valori cât mai mici;
- (c) Raportul (CB/CS) trebuie să fie cât mai mare;
- (d) Pentru elemente sensibile care dau semnale electrice (ex. SPRT), măsurarea trebuie să se efectueze secvențial și nu continuu pentru a minimiza efectul caloric al semnalului disipat;
- (e) Pentru estimarea incertitudinii de măsurare a TE-ITS, este necesară determinarea exactă și optimizarea acestor mărimi prin măsurări calorimetrice similare dispozitivului ISOCALT® 2.2R prezentat recent (TN2-2004).

Referințe citate:

- [1] Gh. Drăgan, J. Thermal Anal., **9**, 405-414 (1976).
- [2] Gh. Drăgan, J. Polymer Sci., **64**, 141-148 (1978).
- [3] Gh. Drăgan, Rev. Roumaine Chim., **23** (4), 629-635 (1978).
- [4] Gh. Drăgan, Acta Polymerica, **31** (5), 293-298 (1980).
- [5] Gh. Drăgan, Revista de Chimie, **29** (3), 214-217 (1978).

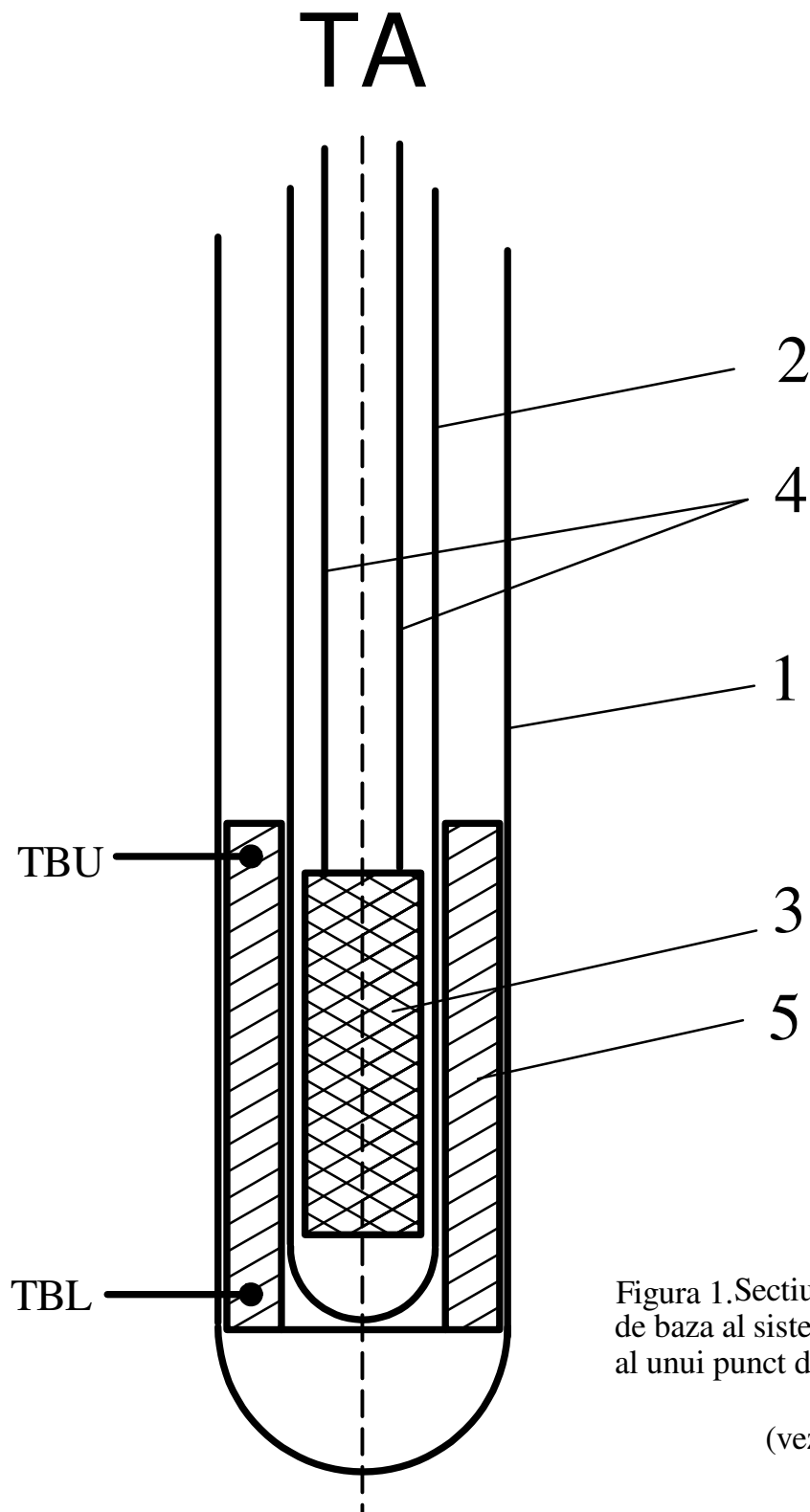


Figura 1. Sectiune in dispozitivul de baza al sistemului de masura al unui punct de referinta ITS.

(vezi text).

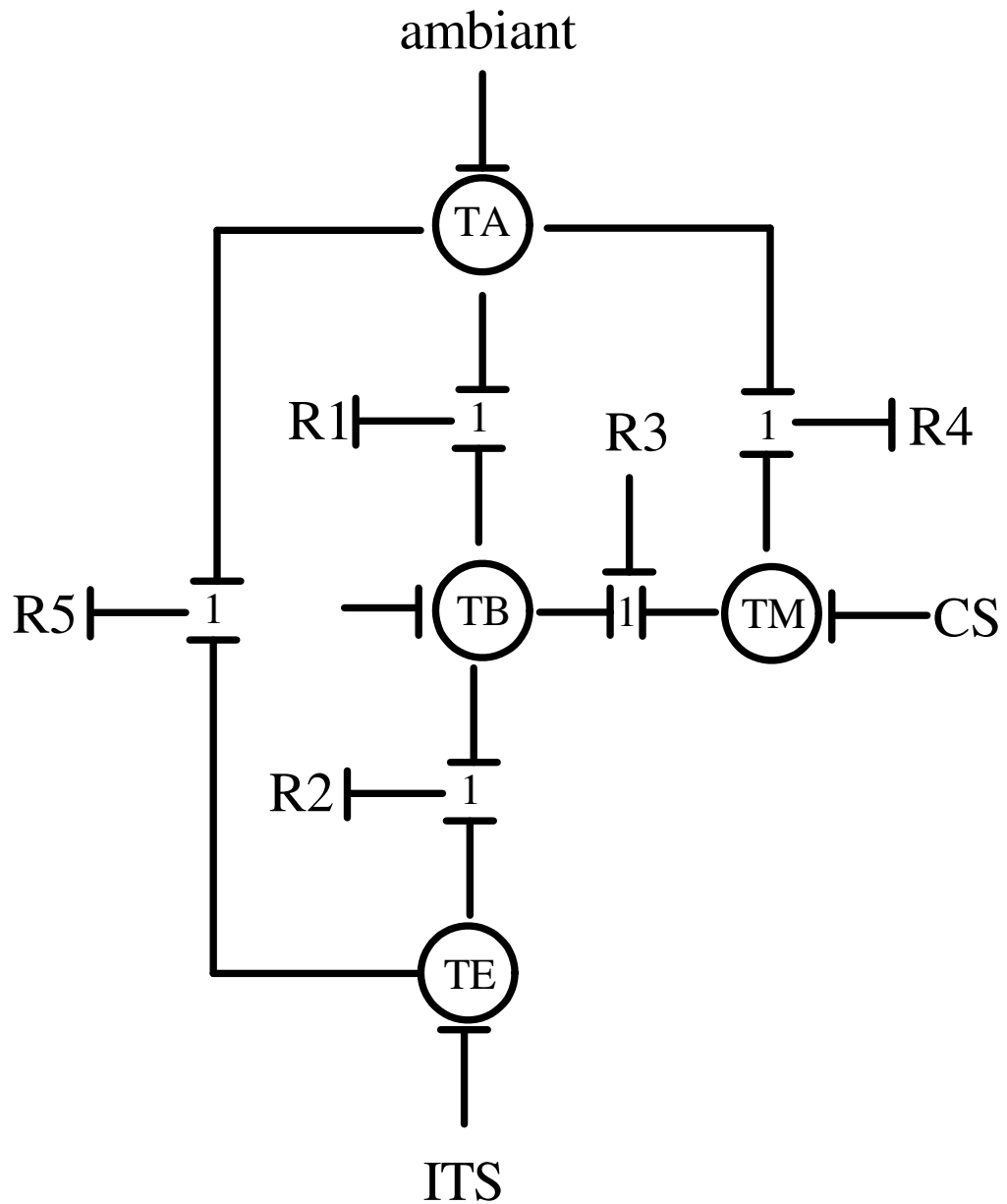


Figura 2. Diagrama de legatura a sistemului de masura a temperaturii unui punct de referinta ITS.