

## DESPRE NOȚIUNILE DE SENSIBILITATE ȘI PRECIZIE

Dr. SZÓCS HUBA fizician și LUDMANN TOMA fizician

Sensibilitatea și precizia sînt două caracteristici importante ale instrumentelor de măsură. Nu există descriere de metodă sau de aparat de măsură, unde să nu fie specificate aceste mărimi. Cu toate acestea în jurul noțiunilor de sensibilitate și precizie, în jurul definiției lor, precum și în jurul măsurii lor există păreri diferite și folosirea acestora nu este pe deplin justificată întotdeauna.

Prezenta lucrare încearcă să sistematizeze părerile diferiților autori asupra celor două noțiuni și prin acestea să tragă cîteva concluzii asupra definiției noțiunilor respective, măsura și unitatea de măsură pentru cele două mărimi, precum și legătura reciprocă a acestora.

I. **Sensibilitatea** unui instrument de măsură, sau a unei aparaturi întregi de măsurare — notat prin  $S$  — reprezintă raportul între variația infinitesimală a indicației asupra variației infinitesimale a mărimii de măsurat, care a provocat variația indicației Formal :

$$S = \frac{d\alpha}{dX} \quad (1)$$

Această valoare se referă în general la un punct al scalei, sau la o variație de mărime de măsurat dinainte dat.

Aceasta este definiția generală acceptată pentru sensibilitate. Dacă însă o analizăm mai amănunțit, putem observa că aceasta este doar definiția **măsurii** sensibilității și nicidecum a sensibilității însăși.

Măsura sensibilității este raportul variațiilor infinitesimale, sau în practică a variațiilor finite, iar despre noțiunea de sensibilitate nu am

spus prin aceasta nimic. **Natural**, că **sensibilitatea este o mărime fizică care caracterizează capacitatea instrumentului de a evidenția variații ale mărimii de măsurat**. Cu cât evidențiază variații mai mici, cu atât este mai sensibil. Măsura sensibilității se deduce de aici imediat, iar unitatea de măsură se definește în funcție de mărimea de măsurat.

**Pragul de sensibilitate** al unui aparat de măsurat se numește cea mai mică variație a mărimii de măsurat, care determină o deplasare încă perceptibilă a indicelui aceluși aparat de măsură [1].

Această definiție a pragului de sensibilitate acoperă definiția însăși a măsurii sensibilității, date mai sus și nu reflectă noțiunea de prag de sensibilitate. Pragul de sensibilitate este caracteristică unor aparate care acționează doar deasupra unei valori date a mărimii de măsurat și deasupra acestei mărimi au o sensibilitate bine determinată. Faptul că la unele instrumente sensibilitatea variază puternic de-a lungul scalei, adică există variații mari ale sensibilității în diferitele puncte ale scalei, nu trebuie să fie confundat cu înțelegerea eronată a noțiunii de prag de sensibilitate. **Pragul de sensibilitate este un punct de discontinuitate**, unde sensibilitatea instrumentului variază brusc cu câteva ordine de mărime. Cel mai bune exemple sînt analizoarele de amplitudine care sesizează variații foarte mici de amplitudine **peste un nivel de referință** dinainte stabilit.

Analizînd funcționarea oricărui aparat de măsură, trebuie să observăm că pentru punerea în mișcare a mecanismului de măsură, este nevoie de o anumită cantitate de energie. Această cantitate este în funcție de mai mulți factori de ordin constructiv.

Fie starea unui instrument într-un moment dat caracterizată de mulțimea parametrilor de stare. Energia disipată de acest instrument în procesul de măsurare modifică parametrii de stare : în general o variație infinitesimală a energiei provoacă o variație infinitesimală a stării (excepțind cazul trecerii pragului de sensibilitate). Practic aceste variații infinitesimale se înlocuiesc cu niște variații finite.

**Măsura sensibilității** în acest caz, deci, se consideră variația indicației provocate de variația de energie corespunzătoare :

$$S_E = \frac{d\alpha}{dE} \quad (2)$$

Această definiție a **sensibilității energetice** ( $S_E$ ) este comună tuturor instrumentelor de măsură și caracterizează energia cedată instrumentului din partea circuitului de măsură. Cunoscînd, deci, sensibilitatea energetică a aparatului, putem să alegem instrumentul cel mai po-

trivuit care influențează neglijabil procesul de studiat. Faptul că în practică se folosește numai sensibilitatea referitoare la mărimea de măsurat îngreunează utilizarea corectă a instrumentelor de măsură sau în cel mai bun caz cere cunoașterea unor date suplimentare în vederea determinării sensibilității energetice.

Sensibilitatea aparatului nu este constantă în timp. Uzura aparatului duce la scăderea sensibilității, adică la mărirea energiei necesare funcționării lui. Astfel că măsura uzurii poate fi considerată variația sensibilității energetice în timp.

Atâta timp, cât definiția sensibilității există în forma dată mai sus în toate tratatele, asupra noțiunii de precizie găsim mult mai puține date.

**II. Precizia aparatului** — notat cu  $p$  — se numește gradul de exactitate a indicațiilor acestuia. Precizia este apreciată prin eroarea admisibilă a aparatului.

Eroarea admisibilă a aparatului de măsurat se numește eroarea relativă maximă pe care o poate avea aparatul.

Eroarea relativă redusă se numește raportul dintre eroarea absolută a aparatului și limita superioară de măsurare a aparatului exprimată în procente :

$$\Delta_r = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100 \dots \% \quad (3)$$

Eroarea absolută se numește diferența între indicația aparatului și valoarea reală a mărimii măsurate [2].

Aceste definiții care sînt cele mai complete din literatura consultată, leagă noțiunea de precizie a aparatului de erorile comise de aceasta, Să analizăm, deci, noțiunea de precizie.

Definiția dată pare să fie o tautologie, noțiunile de exactitate și precizie acoperindu-se. Majoritatea autorilor evită să definească noțiunea sau afirmă deschis faptul, că nu este o noțiune clarificată și unanim acceptată [3].

Să considerăm ansamblul format din etalonul și aparatul de măsură ca și un sistem închis. În cazul acesta aparatul de măsură (după etalonare) este echivalent cu etalonul. Să considerăm în continuare de asemenea aparatul de măsură etalonat și obiectul măsurării drept un sistem închis. Măsurarea este executată cu precizia etalonului, noțiunea de precizie pierzîndu-și sensul. În realitate însă nu există sisteme închise : etalonarea aparatului de măsură se execută în condiții standard date precum și în prezența unor perturbații limitate ca valoare. Pe cînd utilizarea aparatului are 100 (în majoritatea covîrșitoare a cazurilor) în



alte condiții și în prezența unor perturbații ce depășesc cele considerate în procesul de etalonare.

**Precizia aparatului** deci, caracterizează influența imprevizibilă a perturbațiilor exterioare, adică este mărimea pseudoscalară, care caracterizează posibilitatea aparatului de a reda realitatea fizică în condițiile unor perturbații exterioare: aceste perturbații neprovocând însă deteriorarea aparatului.

Asupra măsurii preciziei majoritatea autorilor acceptă definiția dată mai sus sau consideră drept măsura preciziei eroarea sistematică a aparatului [4]. Față de aceasta definiție în ultimii ani au apărut definiții noi, care cuprind pe cea veche, însă extind gama claselor de precizie spre valori ridicate ale preciziei. Astfel măsura preciziei se propune a fi logaritmul cu semn schimbat a incertitudinii aparatului, unde prin incertitudine se înțelege valoarea absolută a erorii relative maxime [5], adică

$$p = -\log \beta \quad (4)$$

0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	$10^{-3}$	$2,10^{-5}$	$10^{-5}$
p 1	1,3	1,7	2	2,3	3	4 7	5

Conform unei alte propuneri [6], fie precizia instrumentului inversul erorii relative maxime raportate la deviația maximă a instrumentului, adică,

$$p = 1/\Delta_r \quad (5)$$

Radovickij, care a făcut propunerea, propune și clase noi de precizie.

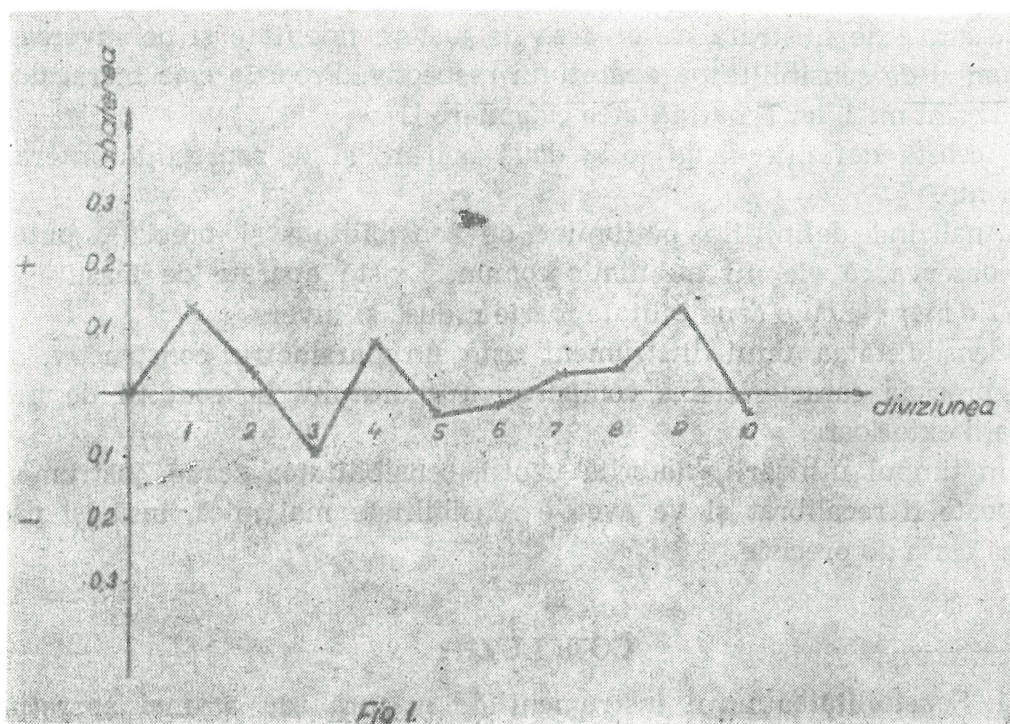
Analizând curba de etalonare a unui instrument de măsură (fig. nr. 1), care reprezintă eroarea absolută în funcție de gradația scalei (diviziunile scalei) și comparând-o cu definiția măsurii clasei de precizie, observăm că această definiție subestimează performanțele instrumentului. Într-adevăr eroarea corespunzătoare clasei de precizie instrumentul nu o are decât în câteva puncte ale scalei, în rest erorile sînt mult mai mici. Definiția este justificată în cazul instrumentelor de uz industrial, care lucrează în condiții de perturbații mari, dar în cazul instrumentelor de laborator, lucrînd aproape în condiții standard, ea trebuie revizuită.

**Propunem** pentru instrumentele de laborator ca în locul abaterii maxime să fie introdusă abaterea medie, adică

$$\pm \Delta X = \frac{-1}{m} \int_0^m |f(m)| dm \quad (6)$$

unde  $m$  este numărul diviziunilor, iar  $f(m)$  funcția corespunzătoare curbei de etalonare. Aceste funcții avînd o aliură polinomială, evalua-

rea suprafeței cuprinse între axa absciselor și curba dată se poate face prin însumarea suprafeței triunghiurilor cu coordonatele la vîrfuri cunoscute.



Necesitatea introducerii noilor clase de precizie, spre valorile cu precizie ridicată, sînt justificate prin posibilitățile cibernetice de mărirea a preciziei instrumentelor [7]. Aceste metode prevăd în loc de o singură măsurare și în timpul unei singure măsurări obișnuite executarea unui număr foarte mare de măsuri (automate) și evaluarea rezultatelor măsurărilor într-un calculator automat. Măsurările urmăresc două obiective: pe de o parte, eliminarea erorilor sistematice prin comparare permanentă cu un etalon înglobat în aparat, pe de altă parte, reducerea și determinarea erorilor accidentale prin calcularea valorii celei mai probabile și a erorii medii pătratice (dispersia). Eroarea remanentă care va determina precizia unei astfel de măsurări este determinată de eroarea etalonului și de dispersie. Avantajul metodei propuse este că permite introducerea în industrie a unor aparate de măsură de precizie ridicată. Astfel de aparate sînt perfect realizabile la nivelul actual al tehnicii



calculatoarelor. O aplicație a metodei pentru aparate automate de control este dată în [8].

II. Rămîne de studiat **problema corelației între sensibilitate și precizie** :

Să ne referim mai întîi la datele din literatură : precizia unui aparat de măsură este ilustrată de eroarea de justete fidelitate și de inversare, precum și de sensibilitatea aparatului respectiv. Precizia este mare, dacă erorile sînt mici, iar sensibilitatea este mare [1].

Această definiție leagă cele două mărimi și le reprezintă interdependente.

Analizînd definițiile noțiunilor de sensibilitate și precizie, putem însă observa că ele nu au nimic comun. Există aparate de măsură cu precizie mare și cu o sensibilitate foarte redusă și invers.

Sensibilitatea unui instrument este un parametru constructiv, pe cînd precizia caracterizează comportarea aparatului în condiții de perturbații exterioare.

În timpul utilizării, datorită uzurii, sensibilitatea scade, instrumentul poate fi recalibrat și va avea o sensibilitate mai mică, însă își păstrează clasa de precizie.

#### CONCLUZII :

1. **Sensibilitatea** unui instrument de măsură sau a unei aparaturi întregi de măsurare este mărirea fizică scalară care caracterizează capacitatea aparaturii de a evidenția variații ale mărimii de măsurat.

**Propunem** : înlocuirea măsurii adoptate a sensibilității date în punctul 1. prin **sensibilitatea energetică** care este raportul între variația indicației și variația de energie corespunzătoare.

**Unitatea de măsură propusă** este

$$\left[ S_E \right] \dots \dots \frac{\text{div}}{\text{WS}}$$

2. **Precizia** unui instrument de măsură sau a unui aparaturi întregi de măsurare este mărirea fizică pseudo-scalară care caracterizează posibilitatea aparatului de a reda realitatea fizică în condițiile unor perturbații exterioare.

Măsura preciziei este eroarea relativă redusă maximă pe care o poate avea aparatul. Este o mărime zero-dimensională (număr anstract).

3. Sensibilitatea și precizia sînt două caracteristici **independente** ale aparatelor de măsură.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Autoren analysieren im dastehenden Artike auf Grunde einer weitgreifenden Fachliteratur die Begriffe Sensibilität und Prästzion.

Sie schlagen je eine Definition und ein adekvates Mass für beide physischen Grössen vor, die Energieabsorbtion des Messapparates berücksichtigend respektiv die dazugehörigen Perturbationen. Die Sensibilität und Präzision sind die wichtigsten Eigenschaften der Messapparate, sie bestimmen den Begriff Sensibilität und Präzision und zeigen die Möglichkeit des Apparates die physische Realität genau wiederzugeben. Sie beweisen die Unabhängigkeit der beiden Begriffe respektiv der beiden physischen Grössen.

## TARTALOM

A dolgozat szerzői, széleskörű szakirodalom alapján az **érzékenység** és **pontosság** fogalmát elemzik. A mérőműszer energiafogyasztását és a környezeti perturbációkat figyelembe véve az úgynevezett energetikai érzékenység fogalmának bevezetését javasolják, illetve a pontosság fogalmának, mint a mérőműszer azon tulajdonságának a bevezetését, hogy az milyen mértékben képes tükrözni a fizikai valóságot zavaró körülmények között. Miután a szerzők a bevezetett fizikai mennyiségek mértékeit is meghatározták, bebizonyítják, hogy az érzékenység és pontosság egymástól független fogalmak, illetve fizikai mennyiségek.

## RÉZUMÉ DE L' OEUVRE

Dans l'étude présente, les auteurs analysent les notions de la sensibilité et precision, caracteres importants d'user les instruments de mesure. Basée sur une vaste litterature de specialité, elle met en reilef les lacunes des definitions adoptées et appliqués en pratique. Les auteurs proposent de nouvelles définitions, basées sur la statistique mathematique et concluent l'indépendance de ces deux quantites caracteristiques.

## BIBLOGRAFIE

1. \* \* \* **Manualul inginerului**, V. II. Ed. tehnică București, 1966, pag. 789.
2. POPOV, V. S. : **Măsurări și aparate electrotehnice de măsurat**. Trad. din lb. rusă. Ed. Energetice de Stat, București, 1963, pag. 13.

3. LUKACS GY. : **Méréstechnikai kézikönyv** (Manual de tehnica măsurării) Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1963, pag. 99.
4. TUTOVAN V. : **Introducere în măsurări electrice și magnetice.** Ed. didactică și pedagogică, București, 1962, pag. 100.  
VOSTROKNUTOV, N. G. : **Tehnica măsurării electrice și magnetice.** Trad. din lb. rusă. Ed. Tehnică, București, 1951, pag. 13.
5. KARSA, B. : **Villamos mérőműszerek és mérések** (Aparate electrice și măsurări), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962, p. 10.
6. RADOVICKIJ, V. P. : **O tocionosti izmeritelnogo pribora.** Izmeritelnaia Tehnika, 1957, Nr.4, pag. 54—55.
7. NOVIŢKI, P. V. : **Posibilitățile cibernetice de mărire a preciziei aparatelor electronice de măsurat.** Analele R.S. Seria Automatica și Cibernetica, 1963/1 p. 147.
8. KEMPINSKI, M. M. : **O tocionosti priborov avtomaticeskogo kontroliia razmero.** Izmeritelnaia Tehnika 1965/3 pp. 1.