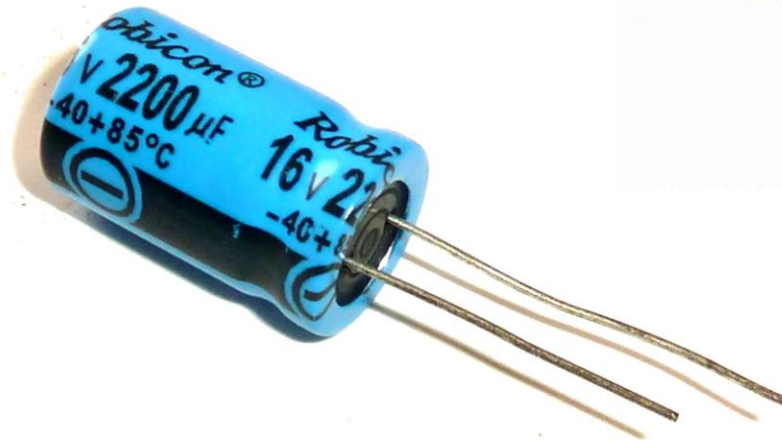


Măsurări Electronice



Mihai Machedon

Elemente ale circuitului electric

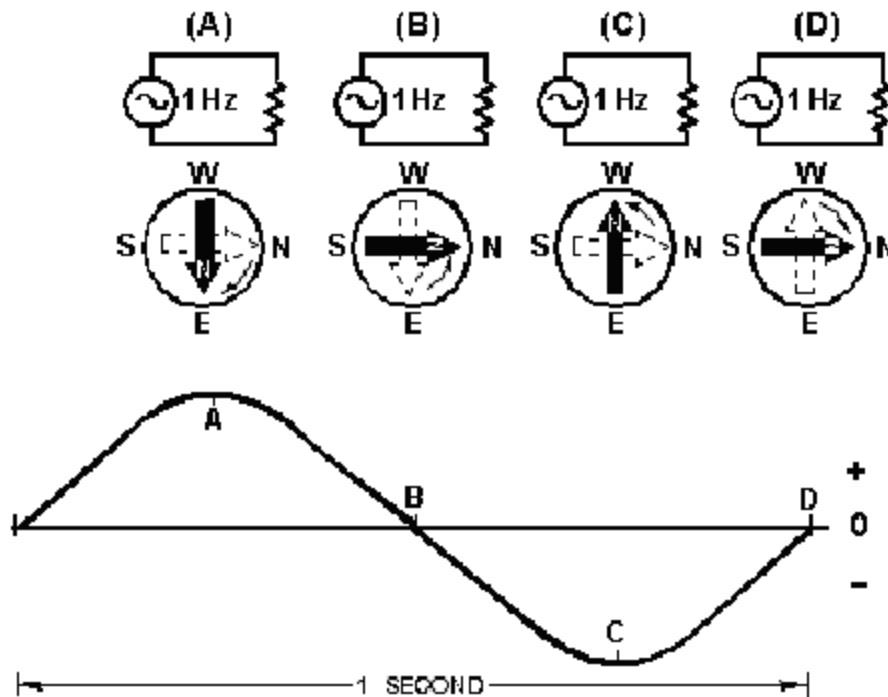


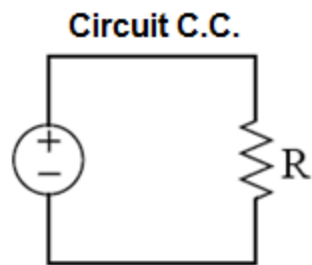
Exerciții

- Cât este puterea disipată pe un rezistor cu $R = 100$ ohmi, știind că tensiunea de alimentare este $V = 20$ volți?
- Într-un circuit electric cu patru condensatori conectați în serie, se știe că $C1 = 10 \text{ uF}$, $C2 = 20 \text{ uF}$, $C3 = 20 \text{ uF}$ și $C4 = 1.25 \text{ uF}$. Cât este capacitatea totală?
- O bobină are 100 de spire, o permeabilitate magnetică de $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, lungimea sa este de 6.28 cm iar aria secțiunii transversale este de 10 m^2 . Cât este inductanța bobinei?

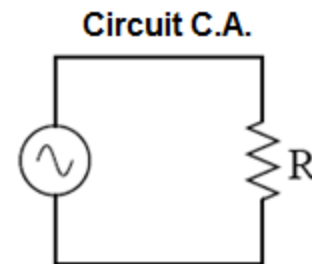
C.C. vs. C.A.

- Ce se întâmplă într-un circuit C.A.?





C.C. vs. C.A.



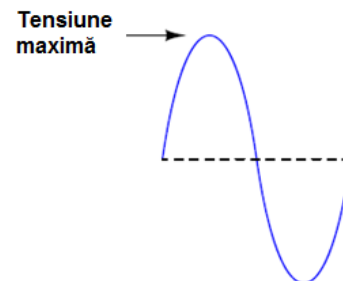
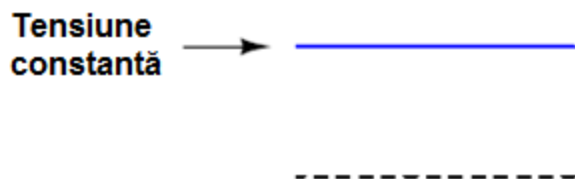
Curentul continuu (C.C.) se referă la fluxul purtătorilor de sarcină electrică într-o direcție continuă

Mărimea efectivă (RMS) exprimă amplitudinea unei mărimi C.A. care este echivalentă cu mărimea C.C.

Standardul de echivalență se bazează pe lucrul și puterea electrică

Curentul alternativ (C.A.) se referă la o inversare periodică a sensului fluxului sarcinilor

De exemplu, o tensiune C.A. de 120 volți "RMS" înseamnă că această tensiune este capabilă să dezvolte aceeași putere (în Wați), pentru o sarcină electrică, la fel ca o sursă C.C. de 120 volți care alimenează aceeași sarcină



Cum se calculează valoarea R.M.S.?

Trebuie remarcat că tensiunea electrică produce o disipare (consum) de putere pe un rezistor care nu este direct proporțională cu mărimea acelei tensiuni, ci mai degrabă **proporțională cu pătratul valorii tensiunii!**

Puterea exprimată în C.C.:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Cantitatea de lucru efectuat de sursa de tensiune C.C.:

$$Lucru = \left(\frac{V^2}{R} \right) \cdot t$$

La început, ar putea părea o abordare corectă integrarea unei unde sinusoidale pe o jumătate de ciclu (de la 0 la π) pentru calculul zonei de sub curbă. Această abordare este aproape bună, dar nu este în totalitate corectă.

Calcule

Volumul de lucru produs de o tensiune C.A. este egal cu pătratul funcției sinusoidale împărțite la rezistență, integrată pe o perioadă de timp specificată.

$$Lucru = \int_0^{\pi} \frac{V_{\max}^2 \sin^2 t}{R} dt$$

Egalând cele două ecuații în CC & CA =>

$$\left(\frac{V^2}{R} \right) \cdot \pi = \int_0^{\pi} \frac{V_{\max}^2 \sin^2 t}{R} dt$$

Însemnătatea valorii RMS este:

$$V = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{\max}$$

Discuție

Pentru o tensiune sinusoidală cu valoarea de vârf de 1 volt, valoarea tensiunii C.C. echivalentă “RMS” va fi de $1/\sqrt{2}$ volți, adică 0.707 volți. Cu alte cuvinte, o tensiune sinusoidală de 1 volt la vârf va produce aceeași disipare de putere pe rezistor ca o tensiune constantă al unei baterii C.C. de 0.7071 volți aplicată pe același rezistor.

Exemplu: 220 V (cât este valoarea la vârf?)

Reactanța și Impedanța

Rezistența (R) se află în opoziție disipativă cu curentul electric, similară cu frecarea întâlnită de un obiect în mișcare .

Reactanța (X) este opoziția față de curent care rezultă din energia stocată în componentele circuitului, similară cu inerția unui obiect în mișcare.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_L = 2\pi fL$$

Impedanța (Z) este opoziția totală față de curent. Impedanța în circuitul serie este suma ortogonală a rezistenței și reactanței:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)}$$

Legea lui Ohm pentru circuite C.A.: $Z = \frac{V}{I}$

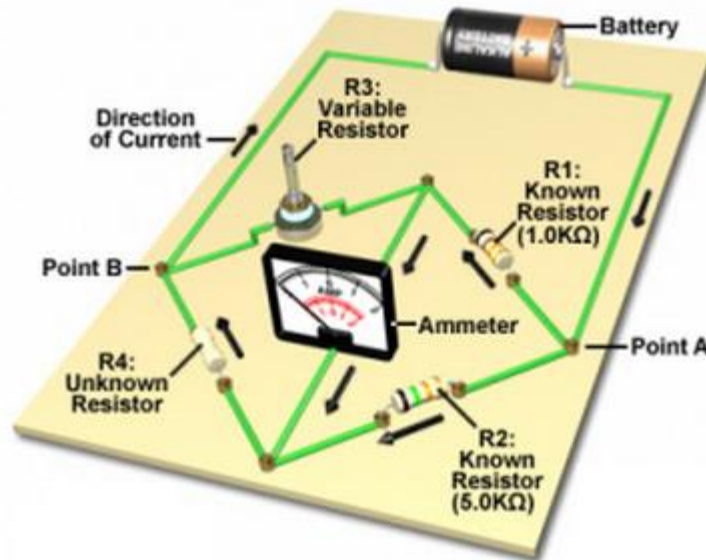
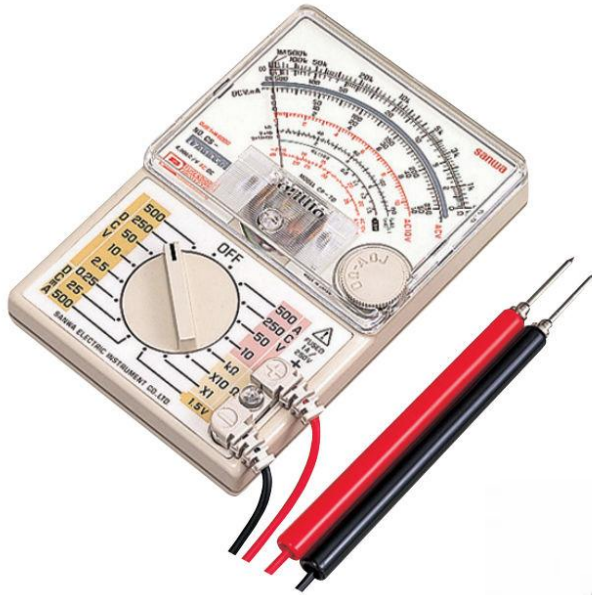
Exerciții

Cât este valoarea efectivă a unei mărimi CA cum ar fi un curent cu valoarea la vârf de 56.4 miliamperi?

Cât este lucrul dobândit de o tensiune CA cu formă sinusoidală de 30 volți pentru un rezistor cu valoarea $R = 50$ ohmi, de-a lungul unei perioade de timp de 10 minute?

Cât este impedanța unui rezistor de 3000 ohmi conectat în serie cu o impedanță de 4 henry, la frecvența de 159 Hz?

Care este performanța aparatelor de măsurat??



Bazele măsurărilor electrice

Măsurarea este procesul cognitiv de colectare a informațiilor din lumea fizică. În acest proces valoarea unei mărimi este determinată (în timp și condiții definite) prin comparația acesteia (cu incertitudine cunoscută) cu valoarea de referință standard. (Definiția 1)

De exemplu, **energia electrică** este un fenomen care este definită de următoarele mărimi (măsuranzi):

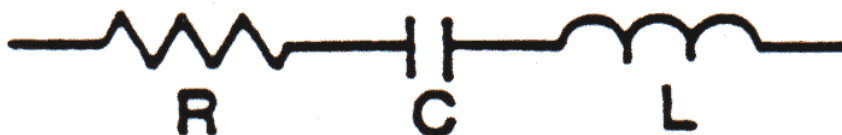
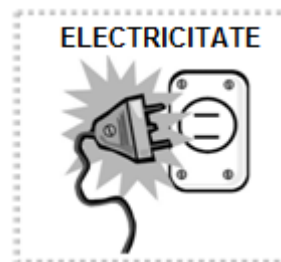
Tensiunea (U),

Intensitatea curentului (I),

Frecvența (f),

Puterea (P , Q , S)

Mărimi parametrice, cum ar fi rezistența, capacitatea și inductanța:



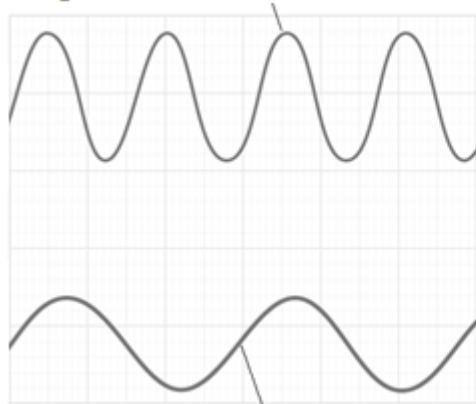
Domeniul de Timp

- Mărimi ale domeniului de *timp*: frecvența, perioada și defazajul
- De fapt, frecvența f este atât inversul perioadei T cât și al lungimii de undă λ (v este viteza undei)

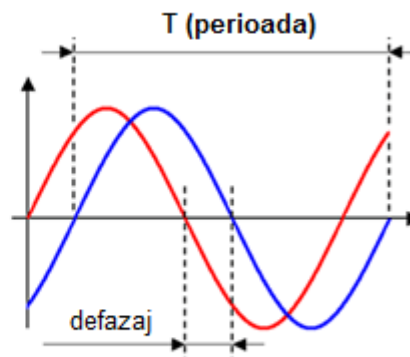
$$f = \frac{1}{T}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

Lungime de unda scurta = Frecventa inalta

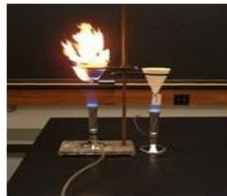


Lungime de unda lunga = Frecventa joasa



Cum putem clasifica mărimiile

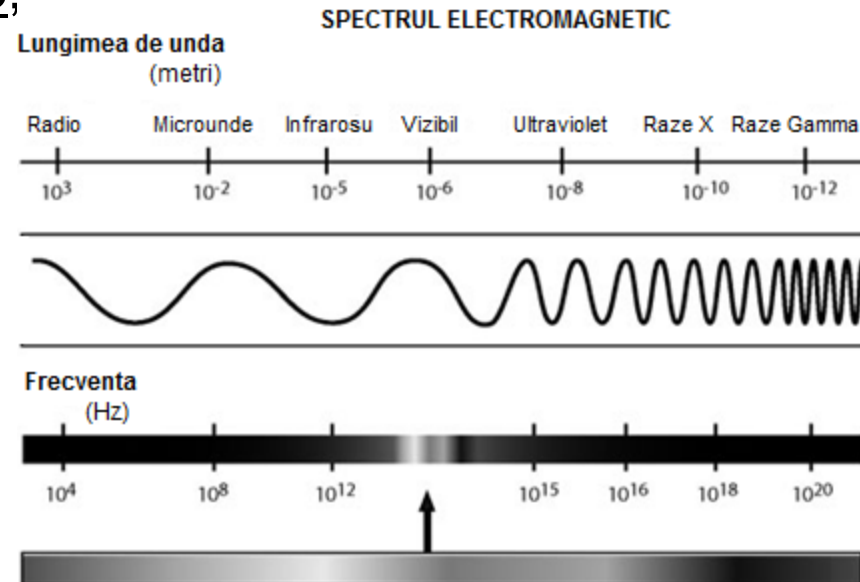
În funcție de sursă: - chimice; - biologice, mecanice; - termodinamice; - optice; - electrice; - magnetice, etc.



chimic: *molul* termodinamic: *căldură specifică* electric: *sarcină el.*

Din punct de vedere al domeniului de timp,
mărimile pot fi ori constante în timp, ori
periodice în timp ori aperiodice în timp
(tranzitoriu sau aleatoriu).

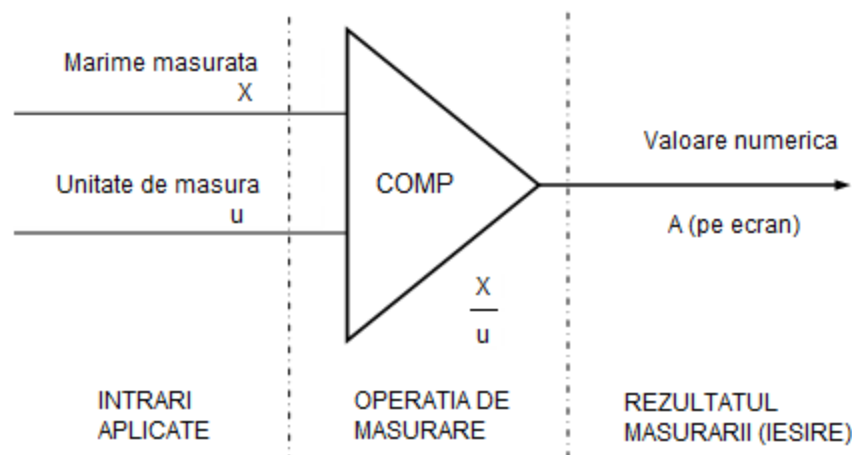
Din punct de vedere electric
mărimile măsurate pot fi fie
electromagnetice fie non-electrice.



O nouă definiție

*Măsurarea este o procedură experimentală prin care **mărimea măsurată X** este comparată cu o mărime cunoscută u de același tip – unitatea de măsură*

$$A = \frac{X}{u}$$



Rezultatul A al procesului de măsurare este o informație numerică:

Să presupunem că măsurăm 20 V, așadar $X = 20 \text{ V}$.

Dacă unitatea de măsură este $u = 1 \text{ mV}$, atunci rezultatul afișat este?

Unitatea de măsură

Unitatea de măsură reprezintă o anumită parte a unei mărimi fizice specifice a cărei valoare numerică este considerată a fi egală cu unitatea (de exemplu: 1 Volt, 1 Amper, 1 Watt).

Pentru lungime, următoarele unități de măsură sunt acceptate: *metrul* (din SI), *piciorul* (1 ft = 0,3048m, ft=feet), *țolul* (1 in = 0,0254m, in=inch), *yardul* (1 yd = 0,915m) și *mila* (1 milă = 1610m).

Pentru masă : *kilogramul* (din SI) și *livra* (1 lb = 0,453 kg).

Pentru fluxul magnetic: *Weber* (din SI) și *Maxwell* (1 Mx = 10^{-8} Wb).

Mărime fizică	Unitate SI	Simbol SI
Lungime	metru	m
Masă	kilogram	kg
Timp	secundă	s
Curent electric	amper	A
Temperatură	kelvin	K
Cantitate de substanță	mol	mol
Intensitate luminoasă	candela	cd

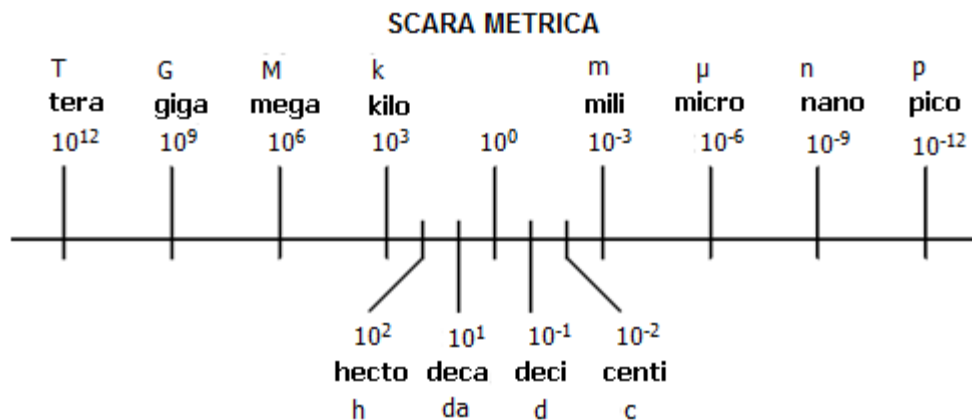
Mărime	Nume unitate	Simbol unitate
Forță	newton	N
Energie	joule	J
Putere	watt	W
Sarcină electrică	coulomb	C
Diferență de potențial electric și EMF	volt	V
Rezistență electrică	ohm	Ω
Capacitate electrică	farad	F
Inductanță electrică	henry	H
Flux magnetic	weber	Wb

Multiplii și submultipli

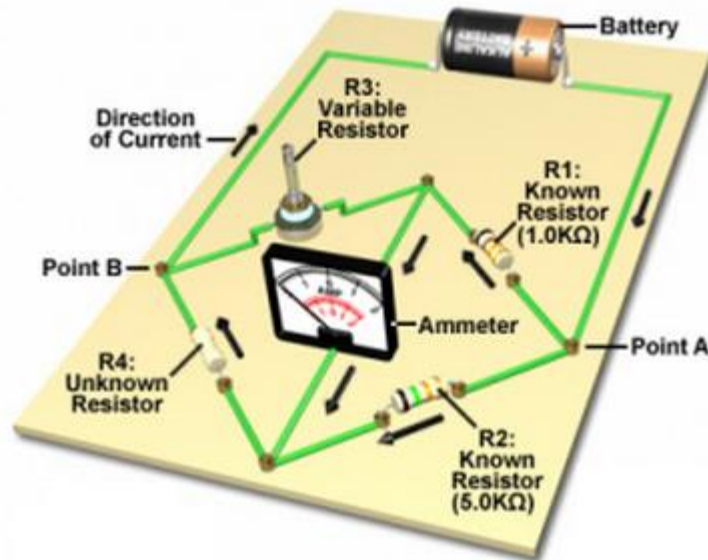
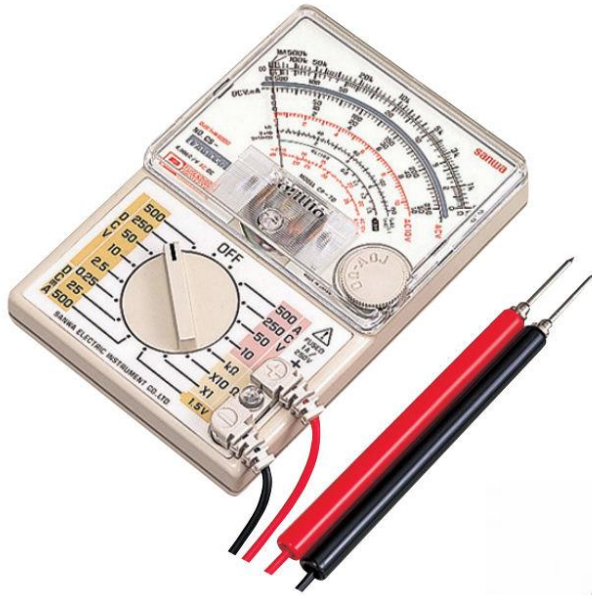
Multiplii și submultiplii ai unităților SI

Coeficient	Prefix (cod)	Simbol	Coeficient	Prefix (cod)	Simbol
10^{18}	exa	<i>E</i>	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	<i>P</i>	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	<i>T</i>	10^{-3}	mili	m
10^9	giga	<i>G</i>	10^{-6}	micro	μ
10^6	mega	<i>M</i>	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	<i>k</i>	10^{-12}	pico	p
10^2	hecto	<i>h</i>	10^{-15}	femto	f
10^1	deca	<i>da</i>	10^{-18}	alto	a

În practică, nu toți multiplii și submultiplii de sus sunt folosiți.

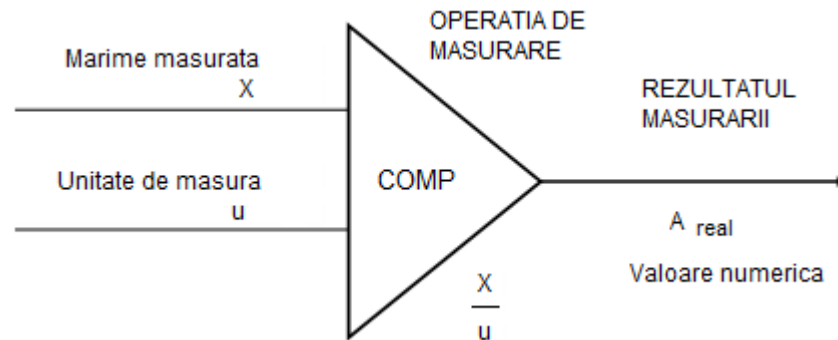


Care este performanța aparatelor de măsurat??



Eroarea

Erorile afectează acuratețea rezultatului măsurării! Erorile sunt deviații ale măsurandului de la valoarea **adevărată**.



Rezultatul măsurării A_{real} ar trebui să fie egal cu A_{ideal} , pentru a nu avea erori!

$$A_{real} = \frac{X}{u}$$

$$A_{ideal} = \frac{X_t}{u}$$

Această diferență dintre valori adevărate și măsurate poate fi exprimată astfel: eroare absolută și relativă

$$\Delta X = X - X_t$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X_t} \cdot 100\% = \frac{X - X_t}{X_t} 100\%$$

Clasa de acuratețe

Acuratețea unui aparat analogic cu indicație directă poate fi definită de **clasa de acuratețe, c**:

$$c = \frac{\Delta X}{X_{DCI}} \cdot 100\%$$

X_{DCI} : *Deviatie Completa a Indicatiei*

Un manometru variază între 0 și 50 psi, cea mai mare divergență în citiri este de ± 4.35 psi. Care este acuratețea %DCI (sau clasa de acuratețe c)? Răspuns: 10%

Folosind relația de mai sus pentru clasa de acuratețe, eroarea absolută va fi obținută astfel:

$$\Delta X = \frac{c \cdot X_{DCI}}{100}$$

Înlocuind ΔX în ecuația pentru ε_r , se va obține:

$$\varepsilon_{r \max} = c \cdot \frac{X_{DCI}}{X}$$

Exemplu

Este oare eroarea maximă a indicației pentru aparate analogice ($\varepsilon_{r\max}$) egală cu clasa de acuratețe?

Un voltmetru are valoarea deviației complete a indicației: $X_{DCI} = 100 \text{ V}$.
Clasa de acuratețe este $c = 1\%$ iar citirea $X = 90 \text{ V}$.

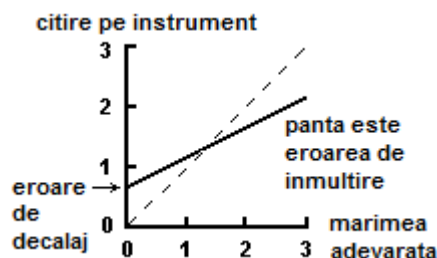
Se determină ΔX și $\varepsilon_{r\max}$.

$$\Delta X = c \cdot X_{DCI} / 100 = 1 \cdot 100 / 100 = 1 \text{ V}$$

$$\varepsilon_{r\max} = c \cdot X_{DCI} / X = 100 / 90 = 1,11\%$$

Performanța aparatului

Performanța aparatului poate avea o influență majoră asupra erorilor de măsurare. Unul din cei mai importanți parametri este **acuratețea** aparatului. Două tipuri de erori metodice pot afecta acuratețea măsurărilor efectuate cu instrumente care au un răspuns liniar:



Eroarea de decalaj sau *de reglaj a punctului de zero* apare dacă instrumentul nu citește zero când mărimea măsurată este zero. Se mai numește și eroare de calibrare.

Eroarea de scară sau *de înmulțire* apare dacă instrumentul citește în mod constant variații ale mărimii măsurate mai mari sau mai mici decât variațiile reale.

Exercițiu

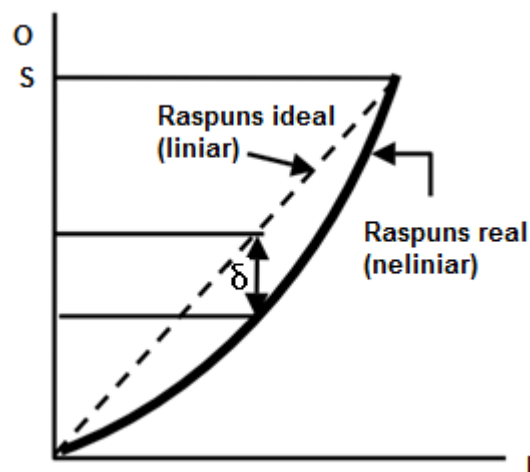
De exemplu, un instrument poate reda următoarele citiri: $X_{\text{real}} = 0.6 X + 0.7$, unde $X_{\text{ideal}} = X$. Cum se pot calibra citirile unui instrument pentru a obține o caracteristică ideală?

Neliniaritatea

Erorile metodice pot apare și în instrumente neliniare atunci când calibrarea instrumentului nu este cunoscută foarte bine. Procentul (%) de **neliniaritate** descrie deviația unei relații liniare dintre intrare și ieșire. Neliniaritatea maximă este:

$$\frac{\sigma}{S} \times 100$$

Unde σ este deviația maximă a răspunsului neliniar de la răspunsul liniar iar S este domeniul de variație.

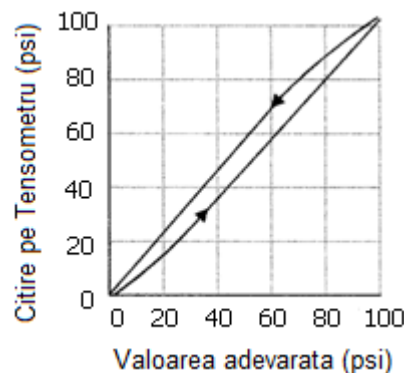


Exemplu

Un manometru este calibrat. Presiunea se măsoară de la 0 la 100 psi și înapoi la 0 psi. Următoarele citiri au fost obținute cu acest aparat:

Presiune adev. (psi)	0	20	40	60	80	100	80	60	40	20	0
Presiune măs. (psi)	1.2	19.5	37	57.3	81	104.2	83	63.2	43.1	22.5	1.5

Figura de mai jos arată diferența în citiri atunci când pornesc de la 0 la DCI (=domeniul de variație) și apoi de la DCI înapoi la 0. Există o diferență între citiri de 6 psi sau o diferență de 6 procente de DCI, adică, ± 3 la sută față de linie.

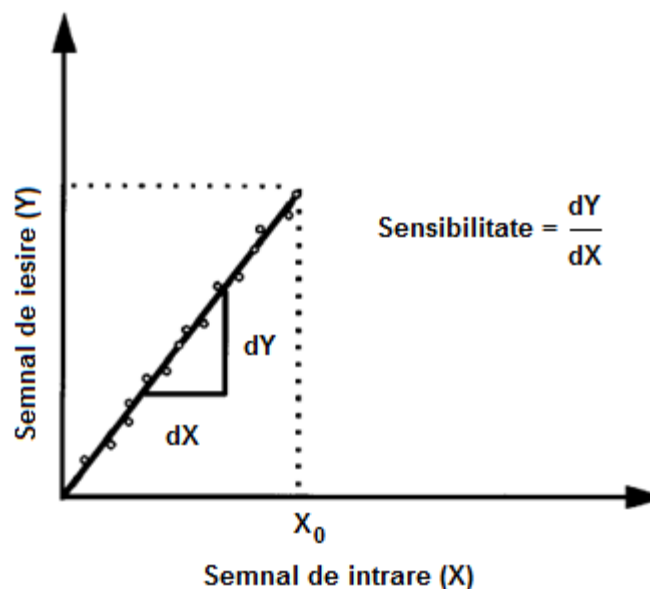


Sensibilitatea (panta)

- **Sensibilitatea** este gradul de răspuns al unui aparat de măsurat la o variație a mărimii de intrare. Sensibilitatea unui instrument este definită ca raportul dintre semnalul de ieșire al răspunsului instrumentului și semnalul de intrare sau variabila măsurată:

$$\text{Sensibilitatea} = \frac{\text{variația semnalului de ieșire}}{\text{variația semnalului de intrare}} = \frac{dY}{dX}$$

De exemplu, atunci când ieșirea unui traductor de presiune variază cu 3.2 mV pentru o variație a presiunii de 1 psi, sensibilitatea este 3.2 mV/psi.



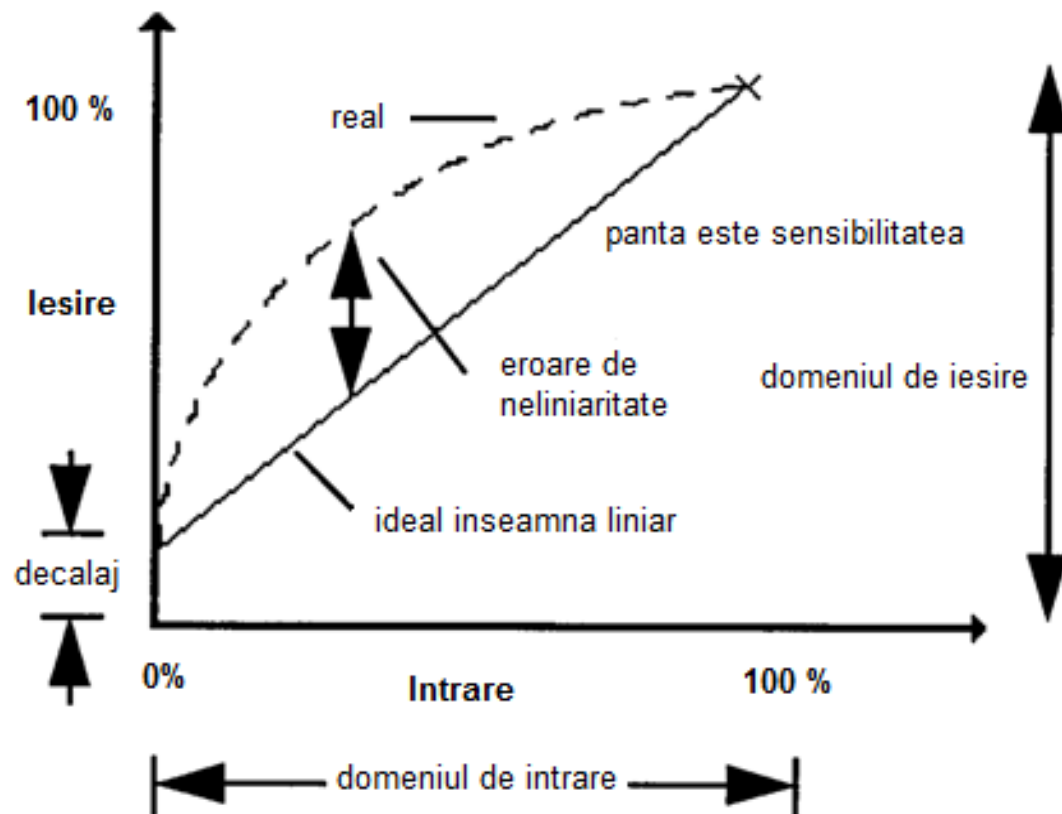
Rezoluția

Rezoluția unui instrument este cea mai mică variație a valorii măsurate pentru care instrumentul va răspunde. Se definește ca mărimea pasului împărțit la DCI și este dată în %.

$$rezolutia = \frac{dY}{S} \times 100$$

De exemplu, rezoluția unui potențiomtru cu 100 de spire este $1/100 = 1\%$. Sau, de exemplu, rezoluția unui voltmetru cu 50 de marcaje este $1/50 = 2\%$. Pentru un instrument digital rezoluția depinde de numărul de cifre afișate. Dacă un voltmetru digital indică: xx.xx volți, atunci rezoluția este $0.01/100 = 0.01\%$, sau dacă, indicația este: x.x, atunci rezoluția este $0.1/10 = 1\%$.

Pe scurt



Întrebări

Ce este defazajul? Cum îl poți exprima grafic?

Cum poți exprima Legea lui Ohm pentru circuite CA?

Care mărimi (sau măsuranzi) pot descrie energia electrică? Încearcă să dai cinci exemple.

Care este relația dintre viteza undei, lungimea de undă și frecvența?

Ce este clasa de acuratețe? Care este relația pentru aceasta?

Ce este eroarea maximă a indicației pentru aparate de măsurat analogice? Care este relația pentru aceasta?

Ce este neliniaritatea? Cum poți exprima neliniaritatea maximă?

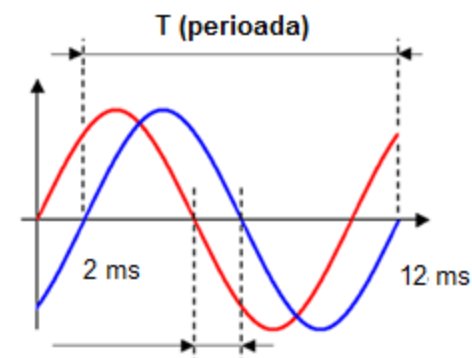
Ce este sensibilitatea? Care este relația pentru aceasta? Poți apela la metoda pantei.

Ce este rezoluția? Care este relația pentru aceasta?

Exerciții

Transformă un defazaj de $7\pi/3$ în grade. Gândește-te la un defazaj de 60 de grade. Este oare aceeași valoare?

Cât este frecvența semnalului albastru?



Un voltmetru indică 32.5 volți. Dacă valoarea adevărată este 30 volți, cât este eroarea relativă în procente?

Un senzor de temperatură poate realiza citiri de la -20 la 50 de grade Celsius. Cea mai imprecisă citire are o abatere în jur de 2 grade Celsius. Care este clasa de acuratețe a senzorului de temperatură?

Exerciții

Un instrument redă următoarele citiri: $Y = 1.8 X - 0.6$. Care este formula pentru linia de compensare? Patru instrumente redau următoarele citiri: $Y_1 = 1.3 X - 0.5$, $Y_2 = 1.4 X + 0.5$, $Y_3 = 1.4 X - 0.2$, $Y_4 = 1.3 X + 0.5$. Care dintre aceste instrumente au cea mai bună sensibilitate?

Cât este neliniaritatea maximă a caracteristicii de mai jos?

Presiune adevărată (psi)	0	20	40	60	80	100	80	60	40	20	0
Presiune măsurată (psi)	1.2	19.5	37.0	57.3	81.0	104.2	83.0	63.2	43.1	22.5	1.5

Cât este rezoluția unui voltmetru digital care indică: xxx.x (x este o cifră de la 0 la 9)?

Instrumentul de mai jos poate realiza citiri cu o precizie de 0.2 psi. Cât este rezoluția acestuia?

