

Cap. 1. NOTIUNI GENERALE DE ELECTROTEHNICA

1.1. PRINCIPALELE MARIMI FOLOSITE IN ELECTROTEHNICA, SIMBOLURI SI UNITATI DE MASURA

1. Marimi electrice :

- sarcina electrica	Q	[c] (coulomb)
- densitatea sarcinii electrice	ρ (η)	[c/m ³]
- intensitatea curentului electric	I	[A] (amper)
- intensitatea campului electric	E	[V/m]
- tensiunea electrica	U	[V] (volt)
- potential electric	V	[V]
- tensiunea (forta) electromotoare	E	[V]
- moment electric	p	[c×m] (coulomb metru)
- polarizatie electrica	P	[c/m ²]
- flux electric	ϕ	[c]
- inductie electrica	D	[c/m ²]
- capacitatea electrica	C	[F] (farad)
- permitivitate	ϵ	[F/m]
- densitatea curentului electric (de suprafata) J		[A/m ²]
- rezistenta electrica	R	[Ω] (ohm)
- rezistivitatea electrica	ρ	[Ω ×m]
- conductanta electrica	G	[Siemens]
- impedanta	Z	[Ω]
- reactanta	X	[Ω]
- conductanta	G	[Siemens]
- admitanta	Y	[Siemens]
- susceptanta	B	[Siemens]
- putere electrica activa	P	[W] (watt)
- putere electrica reactiva	Q	[Var] (volt-amper-reactiv)
- putere electrica aparenta	S	[VA] (voltamper)
- energie electrica	W (E)	[Wh] (watt-ora)

- energie electrica reactiva	W_r	[Varh] (volt-amper-reactiv-ora)
- frecventa	f	[Hz] (hertz)
- factor de putere	$\cos \varphi$	- (adimensional)
- randament	H	- (adimensional)

2. Marimi magnetice

- intensitatea campului magnetic	H	[A/m]
- tensiunea magnetica	U_m	[A]
- tensiune magnetomotoare	$F (F_m)$	[A]
- inductie magnetica	B	[T] (tesla)
- flux magnetic	ϕ	[Wb] (weber)
- moment magnetic	m	[A×m ²]
- magnetizatie	$M (H_i)$	[A/m]
- polarizatie magnetica	$J (B_i)$	[T]
- permeabilitate	μ	[H/m] (henry/m)
- permeanta	A	[H] (henry)
- inductanta proprie	L	[H]
- inductanta mutuala	$M (L_{12})$	[H]
- reluctanta	R_m	[1/H; H ⁻¹]

3. Marimi fotometrice

- intensitate luminoasa	I	[cd] (candela)
- flux luminos	ϕ	[lm] (lumeni)
- randament luminos	η_v	[lm/W]
- cantitate lumina	Q_v	[lm×s]
- luminanta	L_v	[cd/m ²]
- emitanta luminoasa	M_v	[lm/m ²]
- iluminare	E_v	[lx] (lux)
- expunere luminoasa	$H_v (FH)$	[lx × s]

1.2. DEFINITIILE PRINCIPALELOR MARIMI DIN ELECTROTEHNICA

- **Sarcina electrica:** = marimea fizica ce masoara starea de electrizare a unui corp. Q [C] (coulomb)
Atomul, ca unitate fundamentala a substantei, este un sistem neutru alcatuit din nucleu, cu sarcina pozitiva si un ansamblu de particule negative (electroni).

- **Curentul electric** = deplasarea dirijta a sarcinilor electrice. Daca deplasarea este intr-un singur sens = curent continuu, iar daca sensul de deplasare alterneaza in timp = curent alternativ.

Este caracterizat de doua marimi fizice:

- Intensitatea curentului electric = cantitatea de sarcina ce strabate o sectiune in unitatea de timp: I [A].

- Densitatea de curent = marime vectoriala asociata fiecarui punct.

- **Tensiunea electrica** = diferenta de potential intre doua puncte ale unui circuit electric, si este proportionala cu energia necesara deplasarii de la un punct la celalalt a unei sarcini electrice: U [V].

- **Rezistenta electrica** = marime fizica ce exprima proprietatea unui conductor electric de a se opune trecerii prin el a curentului electric. Este o masura care determina valoarea de tensiune necesara ca un anumit curent electric sa treaca printr-un conductor sau circuit dat.

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad [\Omega] \quad (\text{ohmi})$$

- **Capacitatea electrica** = marime fizica scalara ce exprima capacitatea corpurilor conductoare de a inmagazina si pastra sarcini electrice. Este principala caracteristica a dispozitivelor numite condensatoare.

$$C = \frac{Q}{V} \quad C [F] \quad (\text{farad})$$

- **Rezistivitatea electrica** = proprietatea specifica a materialelor de a se opune trecerii unui curent electric prin ele. Este marimea ce caracterizeaza comportarea distincta a diferitelor materiale sub actiunea curentului electric, si sta la baza calcularii rezistentei electrice a materialului respectiv.

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad \rho [\Omega m]$$

- **Impedanta:** = marime ce reprezinta masura opozitiei unui circuit electric fata de trecerea curentului alternativ.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad [\Omega]$$

- **Reactanta:** = este inertia intampinata de electroni atunci cand acestia sunt in miscare, fiind prezenta acolo unde exista campuri electrice sau magnetice, datorita tensiunii sau curentului aplicat (in special in condensatoare si bobine): X [Ω]

- Puterea (reala): = puterea disipata sau consumata de o sarcina, sub forma de rezistor.

$$P = I^2 \times R = \frac{U^2}{R} \quad [W] \text{ (watt)}$$

- Puterea reactiva: = puterea absorbita si returnata in circuit datorita proprietatilor reactive ale sarcinii, sub forma de condensator sau bobina:

$$Q = I^2 \times X = \frac{U^2}{X} \quad [Var]$$

- Puterea aparenta: = puterea totala dintr-un circuit de curent alternativ, atat cea disipata cat si cea absorbita.

$$S = I^2 \times Z = \frac{U^2}{Z} = I \times U \quad [VA]$$

- Energia electrica: = este capacitatea unui sistem de a efectua lucru mecanic, ca rezultat al transformarilor suferite in trecerea de la o stare initiala la o stare de referinta. Avantajele energiei electrice: poate fi usor transformata in alte forme de energie, poate fi produsa relativ ieftin in comparatie cu alte forme de energie si poate fi transportata la distante mari. Principalul dezavantaj este acela ca nu poate fi stocata si trebuie consumata in momentul producerii.

$$W = P \times t = U \times I \times t = \frac{U^2}{R} \times t = R \times I^2 \times t$$

- Energia electrica reactiva: = este o marime a consumatorului de energie electrica, (pe langa energia activa care se consuma in scopuri utile), care circula intre furnizorul de energie electrica si consumator dar care nu se consuma efectiv si nu produce niciun efect benefic, (actionari, iluminat, incalzire, etc.) ci este un efect fizic al unor componente electronice de a decala curentul electric de tensiunea electrica. Acest efect negativ poate fi atenuat prin compensarea energiei reactive in retea consumatorului (baterii de condensatoare).

1.3. RELATII DE CALCUL SPECIFICE IN ELECTROTEHNICA

- Curent continuu: $I = \frac{U}{R} = \frac{P}{U}; \quad U = R \times I = \frac{P}{I}; \quad R = \frac{U}{I} = \frac{P}{I^2} = \frac{U^2}{P}$

$$P_a = U \times I = \frac{U^2}{R} = R \times I^2$$

Caderea de tens.: $\Delta U = r_0 \times l \times I = \frac{l \times I}{\gamma \times S} = \frac{l \times P}{\gamma \times S \times U}; \quad \Delta U = 2 \times r \times I$

$$\Delta U \% = 100 \times \frac{\Delta U}{U}$$

Pierderi de putere in conductoare: $\Delta P = r_0 \times l \times I^2 = \frac{l \times I^2}{\gamma \times S} = \frac{l \times P^2}{\gamma \times S \times U^2}$

- Cr. alternativ monof.: $I = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \times \cos \varphi} = \frac{U \times \cos \varphi}{R}$; $I_a = I \times \cos \varphi$; $I_r = I \times \sin \varphi$

$$U = \frac{S}{I} = \frac{P}{I \times \cos \varphi} = \frac{R \times I}{\cos \varphi} ; \quad R = \frac{U \times \cos \varphi}{I}$$

$$P_a = U \times I \times \cos \varphi ; \quad Q = U \times I \times \sin \varphi = P \times \operatorname{tg} \varphi ; \quad S = U \times I = \sqrt{P^2 + Q^2} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{Q}{\sin \varphi}$$

Caderea de tens.: $\Delta U = l \times I (r_0 \times \cos \varphi + x_0 \times \sin \varphi)$ ptr. $U \leq 500$ V

$$\Delta U \% = 100 \times \frac{\Delta U}{U}$$

Pierderi de putere in conductoare: $\Delta P = r_0 \times l \times I^2 = \frac{l \times I^2}{\gamma \times S} = \frac{l \times P^2}{\gamma \times S \times U^2 \times \cos^2 \varphi}$

- Cr. alternativ trif.: $I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$; $I_a = I \times \cos \varphi$; $I_r = I \times \sin \varphi$

$$U = \frac{S}{\sqrt{3} \times I} = \frac{P}{\sqrt{3} \times I \times \cos \varphi} \quad \text{Reactanta c.a.:} \quad X = \frac{U \times \sin \varphi}{I}$$

$$P_a = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi ; \quad Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varphi = P \times \operatorname{tg} \varphi ;$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I = \sqrt{P^2 + Q^2} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{Q}{\sin \varphi}$$

Caderea de tens.: $\Delta U = \sqrt{3} \times l \times I (r_0 \times \cos \varphi + x_0 \times \sin \varphi)$ ptr. $U \leq 500$ V

$$\Delta U \% = 100 \times \frac{\Delta U}{U}$$

Pierderi de putere in conductoare: $\Delta P = 3 \times r_0 \times l \times I^2 = \frac{3 \times l \times I^2}{\gamma \times S} = \frac{3 \times l \times P^2}{\gamma \times S \times U^2 \times \cos^2 \varphi}$

- Rezistenta: $R = \rho \times \frac{l}{s} = \frac{l}{\gamma \times s}$

- Reactanta inductiva: $X_L = \omega \times L = 2\pi f \times L = 2\pi f \times L_0 \times l$

- Reactanta capacitiva: $X_c = \frac{1}{\omega \times c} = \frac{1}{2\pi f \times c}$

- Impedanta electrica: $Z = \sqrt{R^2 + x^2} = \frac{R}{\cos \varphi} = \frac{U}{I}$

- **Legarea in serie** (numai pt R si X de aceeași natura):

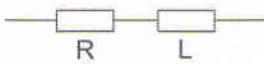


$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + \dots + X_{Ln}$$

$$1/X_C = 1/X_{C1} + 1/X_{C2} + \dots + 1/X_{Cn}$$

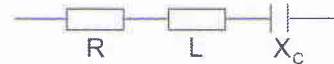
- **Legarea in serie, rezistente și reactante:**



$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2};$$



$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega c)^2}};$$



$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega c})^2}$$

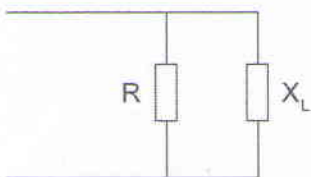
- **Legarea in paralel** (numai pt R și X de aceeași natura):

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n};$$

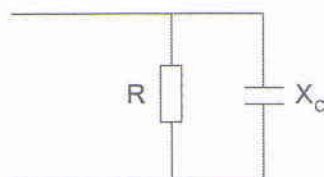
$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \dots + \frac{1}{X_{Ln}};$$

$$X_C = X_{C1} + X_{C2} + \dots + X_{Cn}$$

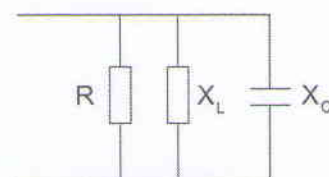
- **Legarea in paralel, rezistente și reactante:**



$$Z = \frac{R\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}};$$

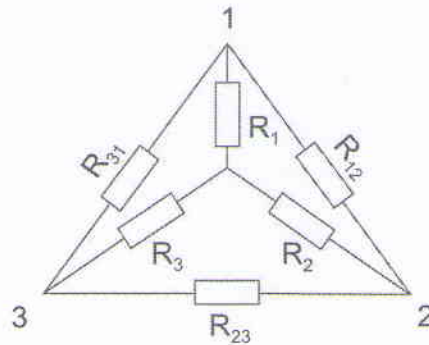


$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (R\omega c)^2}};$$



$$Z = \frac{R\omega L}{\sqrt{R^2(1 - \omega Lc)^2 - (\omega L)^2}}$$

- Transfiguratia stea / triunghi si invers (Δ / Y):



$$R_1 = \frac{R_{12} \times R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} ;$$

$$R_2 = \frac{R_{12} \times R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} ;$$

$$R_3 = \frac{R_{23} \times R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 \times R_2 + R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3}{R_3} ; R_{23} = \frac{R_1 \times R_2 + R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3}{R_1} ; R_{31} = \frac{R_1 \times R_2 + R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3}{R_2}$$

- Frecventa produsa in sistemul electroenergetic de un Generator cu "n" [rot/min] si "p" perechi de poli:

$$f = \frac{n \times p}{60}$$

- Alunecarea motorului asincron:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

unde: n_1 = viteza de rotatie a campului magnetic invaritator al statorului

n = viteza de rotatie a rotorului

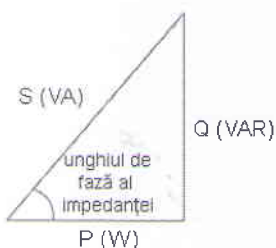
$s = 0 \div 1$ (regim de motor)

$s < 0$ (regim de generator)

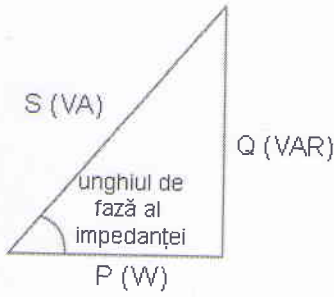
$s > 1$ (regim de frana electromagnetica)

- Triunghiul puterilor:

- este relatia dintre cele trei tipuri de putere (reala, reactiva si aparenta) exprimata sub forma trigonometrica. Astfel, cu teorema lui Pitagora, se poate determina orice marime cunoscand celelate doua.

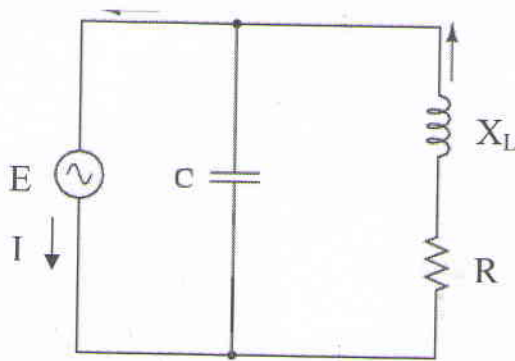


- Factorul de putere:



- este raportul dintre puterea reala si cea aparenta: $k = P/S$.
 Intr-un circuit, factorul de putere poate fi corectat prin conectarea in paralel a unei reactante opuse fata de cea a sarcinii. Daca reactanta sarcinii este inductiva (cum este de fapt in general) factorul de putere se corecteaza adaugand condensatoare in paralel cu sarcina ("compensarea puterii reactive"). Compensarea energiei electrice reactive prin baterii de condensatoare duce la cresterea tensiunii in retea.

Distributia energiei electrice este eficienta la un factor de putere cat mai ridicat (aproape de valoarea "1").



$$P = I^2 \times R \quad Q = I^2 \times X \quad S = I^2 \times Z$$

$$k = P / S$$

$$Q = \frac{E^2}{X} \quad X = \frac{E^2}{Q} \quad X_C = \frac{1}{2\pi f c} \quad C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$k = P / S$$

- Extinderea domeniului de masurare la instrumente:

- la ampermetre = cu shunturi
- la voltmetre = cu rezistente aditionale

1.4. PRINCIPALELE MASINI ELECTRICE FOLOSITE IN ELECTROTEHNICA

- Transformatorul electric: = masina (aparatus) electrica alcatuita din doua sau mai multe bobine, una alimentata in curent alternativ (infasurarea primara) ce induce o tensiune alternativa in cealalta bobina nealimentata (infasurarea secundara), care daca este conectata la o sarcina, puterea sursei de tensiune a primei bobine este cuplata electromagnetic la sarcina celei de a doua bobine.

Transformatorul electric are la baza fenomenul inductiei electromagnetice, si transfera energia electrica dintr-un circuit electric (primarul transformatorului) in alt circuit (secundarul transformatorului).

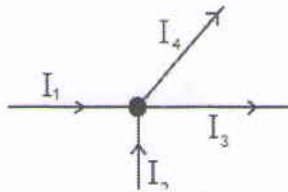
- Motoare asincrone: = sunt cele mai utilizate masini electrice in curent alternativ, caracterizate prin faptul ca viteza de rotatie este foarte putin diferita de viteza campului invaritator. Pot functiona mai rar in regim de generator, cele mai folosite fiind motoarele electrice, avand o constructie simpla si relativ ieftina. Sunt utilizate foarte mult in actionari in care se cere ca turatia sa nu varieze cu sarcina - (majoritatea masinilor-unelte, ventilatoare, ascensoare, etc).

1.5. PRINCIPALELE LEGI ALE ELECTROTEHNICII

- Legea lui Ohm: (legea conductiei electrice) = Intr-un circuit electric, intensitatea curentului electric (I) este direct proportionala cu tensiunea aplicata (U) si invers proportionala cu rezistenta circuitului (R).

$$U = I \times R \quad I = \frac{U}{R}$$

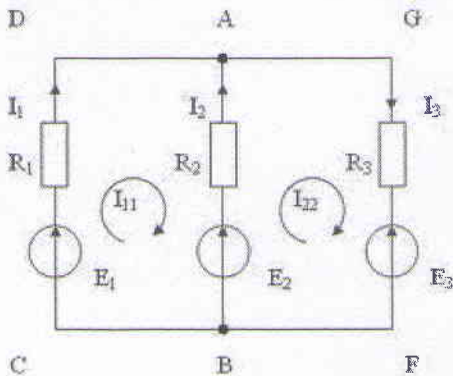
- Legile lui Kirchhoff:



Legea I a lui Kirchhoff:

Suma intensitatilor curentilor electrici care intra intr-un nod de retea este egala cu suma intensitatilor care ies din nod.

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$



Legea a II-a a lui Kirchhoff (pentru o retea):

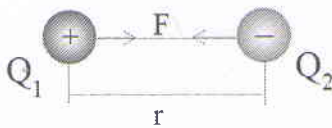
Suma algebrica a tensiunilor electromotoare din orice ochi de retea este egala cu suma algebrica a produselor dintre intensitatea curentului electric si rezistenta electrica pentru fiecare ramura a ochiului respectiv.

$$E_1 - E_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

$$E_2 - E_3 = R_2 I_2 + I_3 R_3$$

- Legea lui Coulomb:

= Intre doua sarcini electrice (corpuri punctiforme) se exercita o forta de valoare proportionala cu produsul sarcinilor si invers proportionala cu patratul distantei dintre ele.



$$F = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

(k = constanta de proportionalitate, depinzand de mediul in care se afla sarcinile. Se determina prin masuratori experimentale)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon} \quad (\epsilon = \text{permitivitate electrica, este o constanta de material})$$

- Legea inducției electromagnetice (legea lui Faraday):

- Inductia electromagnetica este determinata de aparitia unei tensiuni electromotoare induse de un flux magnetic variabil in timp, permitand conversia diferitelor forme de energie in energie electrica.

$$e = B \times l \times v$$

unde: e = forta electromotoare
 B = inductia magnetica
 l = lungime conductor
 v = viteza de deplasare