

LICEUL TEHNOLOGIC "ION MINCU" VASLUI

FIZICĂ – clasa a X-a

Electricitate

Suport de curs

Prof. Badea Ileana Camelia

Cuprins

Capitolul 2. Producerea și utilizarea curentului continuu.....	3
2.1. Curentul electric	3
2.2. Legea lui Ohm	5
2.3. Legile lui Kirchhoff.....	6
2.4. Gruparea rezistoarelor și generatoarelor electrice	7
2.5. Energia și puterea electrică. Efectul termic al curentului electric	9
2.6. Efectele curentului electric. Aplicații	11
Activități de evaluare.....	17
Capitolul 3. Producerea și utilizarea curentului alternativ	22
3.1. Curentul alternativ	22
3.2. Elemente de circuit.....	24
3.3. Energia și puterea în circuitele de curent alternativ	29
3.4. Transformatorul.....	29
Activități de evaluare.....	30
Bibliografie:.....	34

Capitolul 2. Producerea și utilizarea curentului continuu

2.1. Curentul electric

În metale, electronii de valență sunt atât de slabi legați încât pot fi considerați liberi. Ioni pozitivi sunt așezați ordonat în spațiu, formând rețeaua cristalină. Electronii se mișcă permanent și foarte des ciocnesc ioni pozitivi, schimbându-și deseori direcția de mișcare, ceea ce face ca mișcarea lor să fie dezordonată. Dacă metalul se află în câmp electric, electronii liberi se mișcă în sens contrar câmpului, toți pe aceeași direcție și în același sens.

Definiție: Se numește **curent electric** orice mișcare ordonată de sarcini electrice.

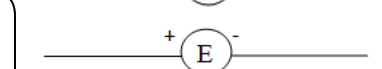
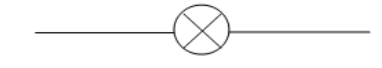
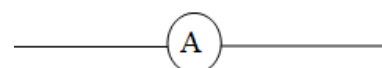
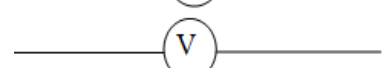
Definiție: **Curentul electric staționar** este acel curent în care viteza purtătorilor de sarcină este constantă în timp.

2.1.1. Circuitul electric

Pentru a menține într-un fir conductor un curent electric staționar, este necesar să se mențină în el un câmp electric constant, adică să se mențină la capetele firului o diferență de potențial constantă. Acest rol îl îndeplinește un dispozitiv numit generator electric sau sursă de tensiune electromotoare.

Definiție: Se numește **circuit electric** ansamblul format din generatorul electric, conductorii de legătură și unul sau mai mulți consumatori.

Un circuit electric se poate reprezenta schematic folosind simboluri:

Element de circuit	Simbol
Generator	
	
	
Consumator	
Bec	
Ampermetru	
Voltmetru	

2.1.2. Tensiunea electromotoare (notată prescurtat t.e.m.)

Generatorul electric este sursa de energie care efectuează lucrul mecanic necesar pentru mișcarea cu viteză constantă a purtătorilor de sarcină. Generatorul nu generează energie! El transformă o formă de energie în energie electrică. După forma de energie transformată, generatoarele pot fi:

- **elemente galvanice** (transformă energia chimică în energie electrică)
- **dinamuri și alternatoare** (transformă energia mecanică în energie electrică)

- **elemente fotovoltaice** (transformă energia solară în energie electrică).

Definiție: Se numește **tensiune electromotoare** mărimea fizică numeric egală cu lucrul mecanic efectuat de sursă pentru a deplasa unitatea de sarcină pozitivă de-a lungul întregului circuit:

$$E = \frac{L}{q}$$

unde:

- E este tensiunea electromotoare, $[E]_{SI} = 1V$ (Volt);
- L este lucrul mecanic efectuat de sursă pentru a deplasa sarcina q prin întreg circuitul, $[L]_{SI} = 1J$ (Joule)
- q este sarcina transportată prin întreg circuitul, $[q]_{SI} = 1C$ (Coulomb)

Lucrul mecanic L efectuat de sursă pentru a deplasa sarcina q pe întreg circuitul se consumă pe două porțiuni distincte: L_{ext} efectuat la deplasarea sarcinii q de-a lungul circuitului exterior și L_{int} efectuat la deplasarea sarcinii q prin sursă, $L = L_{ext} + L_{int}$. Raportul L/q reprezintă t.e.m. E a sursei.

Definiție: Căderea de tensiune U pe circuitul exterior sursei sau **tensiunea la borne** este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat la transportul unității de sarcină prin circuitul exterior sursei: $U = \frac{L_{ext}}{q}$.

Definiție: Căderea de tensiune u în interiorul sursei sau **tensiunea internă** este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat la transportul unității de sarcină prin interiorul sursei: $u = \frac{L_{int}}{q}$.

Între cele trei tensiuni există relația: $E = U + u$ care exprimă bilanțul tensiunilor într-un circuit electric simplu (format dintr-un generator, conductori de legătură și un consumator).

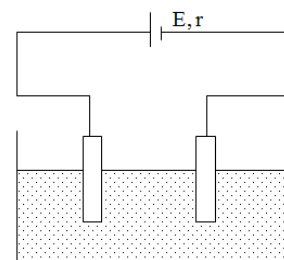
2.1.3. Sensul curentului electric

Prin convenție sensul curentului electric s-a stabilit a fi sensul de mișcare a purtătorilor pozitivi sau contrar sensului de mișcare a purtătorilor pozitivi. În conductori metalici, curentul electric este format din electroni (particule negative) care circulă de la borna negativă a generatorului către borna pozitivă și de aceea sensul curentului electric este:

- de la borna + la borna – prin exteriorul generatorului
- de la borna – la borna + prin interiorul sursei.

2.1.4. Efectele curentului electric

Efectul chimic se produce în soluții lichide care permit trecerea curentului electric numite **electroliti**. Într-o astfel de soluție se introduc două plăci metalice numite electrozi care se conectează la bornele unei surse ca în figura alăturată. Electrocul legat la borna pozitivă a sursei se numește anod iar cel legat la borna negativă catod.



La trecerea curentului electric prin soluție se produc disociația electrochimică și electroliza.

Definiție: **Disociația electrochimică** reprezintă procesul de separare a substanțelor ionice în soluție în ioni pozitivi și negativi.

Definiție: **Electroliza** constă în fenomenul de dirijare a ionilor către electrozi și transformarea lor prin neutralizare în atomi sau radicali.

Efectul termic constă în încălzirea conductoarelor prin care trece curent electric.

Efectul magnetic constă în apariția unui câmp magnetic în jurul unui conductor parcurs de curent electric.

2.1.5. Intensitatea curentului electric

Definiție: Se numește **intensitate a curentului electric** mărimea fizică fundamentală numeric egală cu sarcina electrică care străbate secțiunea transversală a unui conductor în unitatea de timp:

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

de unde: $[I]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[\Delta t]_{SI}} = \frac{1C}{1s} = 1A$ (Amper)

2.2. Legea lui Ohm

2.2.1. Rezistența electrică

Dacă unui conductor (rezistor) i se aplică la capete diverse tensiuni se constată că intensitatea curentului se modifică direct proporțional cu tensiunea aplicată și raportul dintre tensiune și intensitatea curentului rămâne constant.

Definiție: **Rezistența electrică** a unei porțiuni de circuit este mărimea fizică numeric egală cu raportul dintre tensiunea aplicată la bornele porțiunii și intensitatea curentului care o parcurge.

Pentru un consumator, definiția rezistenței este exprimată prin relația:

$$R = \frac{U}{I} \text{ de unde se obține } [R]_{SI} = \frac{[U]_{SI}}{[I]_{SI}} = \frac{1V}{1A} = 1\Omega \text{ (Ohm)}$$

Pentru o sursă, rezistența numită rezistență internă este dată de relația: $r = \frac{u}{I}$

Definiție: **1 Ohm** reprezintă rezistența unei porțiuni de circuit care având aplicată tensiunea de 1V este parcursă de un curent cu intensitatea de 1A.

2.2.2. Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit

Din relațiile care exprimă rezistențele electrice ale celor două porțiuni ale unui circuit simplu, intensitatea curentului care le parcurge se exprimă prin formulele: $I = \frac{U}{R}$ și $I = \frac{u}{r}$.

Enunț: Intensitatea curentului care parcurge o porțiune de circuit este direct proporțională cu tensiunea aplicată la bornele porțiunii și invers proporțională cu rezistența ei electrică.

2.2.3. Legea lui Ohm pentru întreg circuitul

Folosind $U = I \cdot R$ și $u = I \cdot r$ în bilanțul tensiunilor într-un circuit simplu se obține relația

$$E = I(R + r), \text{ de unde } I = \frac{E}{R + r}.$$

Enunț: Intensitatea curentului care parcurge un circuit simplu este direct proporțională cu tensiunea electromotoare și invers proporțională cu rezistența totală a circuitului.

2.2.4. Rezistența unui conductor filiform (fir conductor)

Experimental s-a constatat că rezistența unui fir conductor depinde de natura materialului din care este confecționat, de lungimea firului ℓ direct proporțional și de aria secțiunii transversale (grosime) S invers proporțional:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

unde ρ este constanta de material numită rezistivitate, a cărei unitate de măsură este $[\rho]_{SI} = 1\Omega \cdot m$ și a cărei valoare depinde de temperatură conform relației:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot t)$$

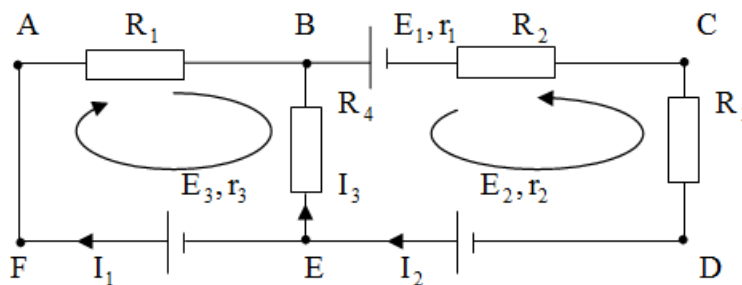
unde:

- ρ este rezistivitatea la temperatura t ;
- ρ_0 este rezistivitatea la $0^\circ C$;
- α este coeficientul termic al rezistivității.

2.3. Legile lui Kirchhoff

Se aplică în rețele electrice. O rețea este formată din:

- nod – punctul în care se intersectează cel puțin trei conductori; exemple: B, E
- ramură – porțiunea cuprinsă între două noduri vecine; exemple: BAFE, BE, BCDE
- ochi – succesiune de ramuri care formează un contur poligonal închis; exemple: BEFAB, BEDCB



Prima lege a lui Kirchhoff se aplică în noduri de un număr de ori mai mic cu o unitate decât numărul nodurilor și exprimă conservarea sarcinii electrice: suma sarcinilor electrice care intră într-un nod de rețea într-un anumit interval de timp este egală cu suma sarcinilor electrice care ies din nod în același interval de timp.

Enunț: Suma intensităților curenților electrice care intră într-un nod de rețea este egală cu suma curenților care ies din același nod.

Pentru aplicarea acestei legi se alege în mod arbitrar un sens al curentului pentru fiecare ramură, apoi se scrie ecuația curenților pentru fiecare nod.

Astfel pentru nodul B de pe rețeaua de mai sus se obține:

$$I_1 + I_3 = I_2$$

Observație: Când se calculează intensitățile curenților, se constată că unele sunt pozitive și altele negative. Valorile negative se interpretează prin faptul că sensul real al curentului este contrar celui ales în mod arbitrar.

A doua lege a lui Kirchhoff se aplică în ochiuri.

Enunț: Suma algebrică a tensiunilor electromotoare într-un ochi de rețea este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune din același ochi de rețea.

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{j=1}^m I_j \cdot R_j$$

Pentru aplicarea acestei legi este necesar să se aleagă în mod arbitrar un sens pentru parcurgerea ochiului și se folosesc următoarele convenții de semne:

- t.e.m. se consideră pozitivă dacă sensul ales pentru parcurgerea ochiului străbate sursa de la minus la plus și negativă de la plus la minus;
- căderea de tensiune se consideră pozitivă dacă sensul ales pentru parcurgerea ochiului coincide cu sensul curentului care o produce și negativă dacă cele două sensuri sunt contrare.

Pentru ochiul BAFEB:

$$E_3 = I_1(r_3 + R_1) - I_3 R_4$$

Pentru ochiul EBCDE:

$$E_1 - E_2 = -I_2(r_2 + R_3 + R_2 + r_1) - I_3 R_4$$

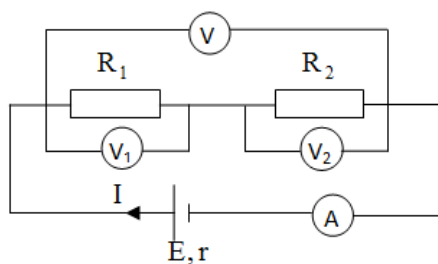
2.4. Gruparea rezistoarelor și generatoarelor electrice

2.4.1. Gruparea rezistoarelor

Definiție: Rezistența echivalentă a unei grupări de rezistori legați între două puncte ale unui circuit reprezintă rezistența unui alt rezistor care înlocuind rezistorii din grupare, fiind parcurs de același curent produce aceeași tensiune între cele două puncte.

a. Gruparea serie

Definiție: Două sau mai multe rezistoare sunt grupate serie dacă se află pe aceeași ramură ceea ce înseamnă că sunt parcurse de același curent.



Pentru montajul din figură se pot scrie relațiile:

$$U = U_1 + U_2$$

$$U_1 = I \cdot R_1$$

$$U_2 = I \cdot R_2$$

$$U = I \cdot R_{es}$$

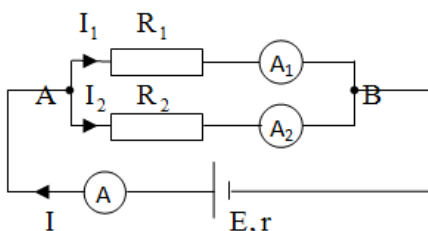
unde U , U_1 și U_2 sunt tensiunile indicate de voltmetrele V , V_1 , respectiv V_2 . Înlocuind expresiile tensiunilor în relația dintre ele, se obține $R_{es} = R_1 + R_2$.

Concluzie: Rezistența echivalentă a mai multor rezistoare legate în serie este egală cu suma rezistențelor acelor rezistoare:

$$R_{es} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

b. Gruparea paralel

Definiție: Două sau mai multe rezistoare sunt grupate paralel dacă sunt legate între aceleași noduri, ceea ce înseamnă că au aceeași tensiune.



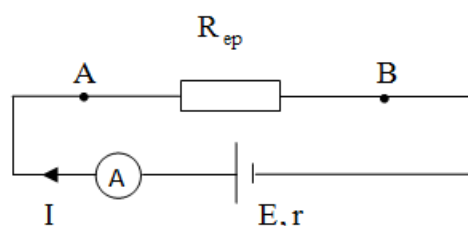
În montajul alăturat, legea I a lui Kirchhoff conduce la $I = I_1 + I_2$ unde conform legii lui Ohm

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}$$

Legea lui Ohm aplicată la rezistorul echivalent se scrie: $I = \frac{U_{AB}}{R}$

Înlocuind expresiile celor 3 curenți în relația dintre ei se obține rezistența echivalentă dată de relația:



$$\frac{1}{R_{ep}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

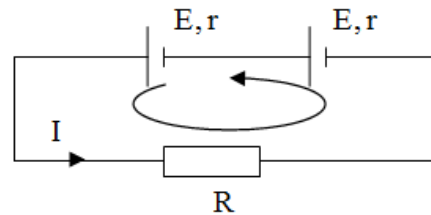
Concluzie: Inversul rezistenței echivalente a mai multor rezistori legați în paralel este egală cu suma inverselor rezistențelor acelor rezistori:

$$\frac{1}{R_{ep}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

2.4.2. Gruparea generatoarelor electrice

a. Gruparea serie

Se consideră două generatoare identice, având fiecare t.e.m. E și rezistența internă r , montate în serie ca în figura alăturată și având în circuitul exterior un rezistor de rezistență R . La acest tip de grupare borna negativă a unui generator se leagă la borna pozitivă a generatorului următor.



Aplicând legea a II-a a lui Kirchhoff se obține relația:

$$I = \frac{2E}{R + 2r}$$

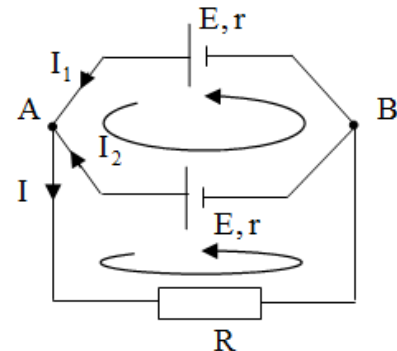
care poate fi generalizată pentru n generatoare legate în serie:

$$I = \frac{nE}{R + nr}$$

Concluzie: Gruparea serie a n generatoare electrice identice, de t.e.m. E și rezistență internă r fiecare, este echivalentă cu un generator având t.e.m. $E_{es} = n \cdot E$ și rezistența internă $r_{es} = n \cdot r$.

b. Gruparea paralel

Se consideră două generatoare identice, având fiecare t.e.m. E și rezistența internă r , montate în paralel ca în figura alăturată și având în circuitul exterior un rezistor de rezistență R . La acest tip de grupare bornele negative ale generatoarelor se leagă într-un punct și bornele pozitive în alt punct. Aplicând legea I a lui Kirchhoff în nodul A se obține relația: $I = I_1 + I_2$. Legea a II a lui Kirchhoff aplicată în ochiul de sus conduce la relația $I_1 = I_2$ iar pentru ochiul de jos $E = I_2 \cdot r + I \cdot R$.



Din aceste 3 ecuații se obține expresia curentului:

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{2}}$$

care poate fi generalizată pentru n generatoare legate în paralel:

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

Concluzie: Gruparea serie a n generatoare electrice identice, de t.e.m. E și rezistență internă r fiecare, este echivalentă cu un generator având t.e.m. $E_{ep} = E$ și rezistența internă $r_{ep} = r/n$.

2.5. Energia și puterea electrică. Efectul termic al curentului electric

2.5.1. Energia electrică

Tensiunea electromotoare a unei surse electrice E , este dată de relația:

$$E = \frac{L}{q},$$

unde L este lucrul mecanic efectuat de generator pentru a deplasa sarcina q prin întreg circuitul. Deoarece $q = I \cdot t$, rezultă că **energia furnizată de generatorul electric în timpul t** este dată de relația:

$$W_{\text{gen}} = E \cdot I \cdot t$$

Această energie provine din energii de altă natură, care se transformă în generator în energie electrică. Înlocuind această relația în formula care exprimă bilanțul tensiunilor într-un circuit simplu se obține

$$W_{\text{gen}} = W + W_{\text{int}} \text{ unde } W = U \cdot I \cdot t \text{ și } W_{\text{int}} = u \cdot I \cdot t$$

Observație: Dacă în circuitul exterior există mai multe consumatoare, relația $W = U \cdot I \cdot t$ exprimă și energia consumată în timpul t de unul singur la bornele căruia există tensiunea U și care este parcurs de curentul I .

Folosind legea lui Ohm pentru circuitul simplu $E = I \cdot (R + r)$ sau pentru o porțiune de circuit $U = I \cdot R$, respectiv $u = I \cdot r$ se pot obține și alte expresii ale energiei electrice:

$$W_{\text{gen}} = \frac{E^2}{R + r} \cdot t = (R + r) \cdot I^2 \cdot t; \quad W = \frac{U^2}{R} \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t; \quad W_{\text{int}} = \frac{u^2}{r} \cdot t = r \cdot I^2 \cdot t$$

unde W este energia totală furnizată de sursă, W_{ext} este energia consumată în circuitul exterior, iar W_{int} este energia consumată în interiorul sursei.

2.5.2. Puterea electrică

Puterea se definește prin relația

$$P = \frac{W}{t}$$

Folosind expresiile energiilor furnizată și consumate deduse anterior se obțin formulele care dau puterile electrice:

- puterea dezvoltată de generator:

$$P_{\text{gen}} = E \cdot I = \frac{E^2}{R + r} = (R + r) \cdot I^2$$

- puterea consumată în circuitul exterior (sau de un consumator oarecare):

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2$$

- puterea consumată în interiorul generatorului

$$P_{\text{int}} = u \cdot I = \frac{u^2}{r} = r \cdot I^2$$

2.5.3. Efectul termic al curentului electric

Atunci când consumatorul este un rezistor de rezistență R , energia electrică primită de acesta se disipă sub formă de căldură. Conform principiului conservării energiei, căldura Q , dezvoltată de un rezistor este egală cu energia primită:

$$Q = U \cdot I \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$$

ceea ce reprezintă expresia matematică a **legii lui Joule**.

Enunț: Căldura degajată la trecerea curentului electric printr-un conductor este direct proporțională cu rezistența conductorului R , pătratul intensității curentului electric care trece prin conductor I și cu timpul cât circulă curentul electric t .

Aplicațiile efectului termic al curentului electric (efect Joule) sunt plita electrică, fierbătorul, reșoul, uscătorul de păr, aeroterma.

2.5.4. Randamentul circuitului electric

Definiție: *Randamentul circuitului electric* reprezintă raportul dintre energia preluată de consumator și energia totală furnizată de sursă:

$$\eta = \frac{W}{W_{\text{gen}}}$$

Folosind expresiile celor două energii din definiția randamentului, se obțin următoarele expresii:

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{R}{R + r}$$

Observații:

- 1) Randamentul este o mărime adimensională;
- 2) Randamentul se exprimă în procente.

2.5.5. Transferul optim de putere

Dacă la bornele unei surse se conectează diverși consumatori de rezistențe diferite, atunci puterea utilă (cea transferată circuitului exterior) se poate exprima în funcție de mărimea variabilă R prin relația $P(R) = R \frac{E^2}{(R + r)^2}$, unde s-a ținut cont de legea lui Ohm

pentru întreg circuitul $I = \frac{E}{R + r}$ și de expresia puterii consumate în circuitul exterior

$P = R \cdot I^2$. Din relația dată se obține ecuația de gradul al II-lea în necunoscuta R :

$$P \cdot R^2 + (2P \cdot r - E^2) \cdot R + P \cdot r^2 = 0$$

al cărei discriminant este:

$$\Delta = (2P \cdot r - E^2)^2 - 4P^2 \cdot r^2$$

Ecuația de gradul al II-lea admite soluții reale dacă și numai dacă discriminantul este pozitiv: $\Delta \geq 0$. Impunând această condiție se obține

$$E^2 \geq 4 \cdot P \cdot r \Rightarrow P \leq \frac{E^2}{4 \cdot r}$$

Din ultima inecuație se observă că puterea maximă transferată în exterior are expresia:

$$P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4 \cdot r}$$

Comparând această expresie cu cea generală

$$P = R \frac{E^2}{(R + r)^2}$$

se poate formula concluzia că puterea este maximă dacă $R = r$, concluzie cunoscută sub numele de teorema **transferului optim de putere**.

Enunț: O sursă poate transfera unui circuit putere maximă dacă rezistența circuitului exterior este egală cu rezistența internă a sursei.

2.6. Efectele curentului electric. Aplicații

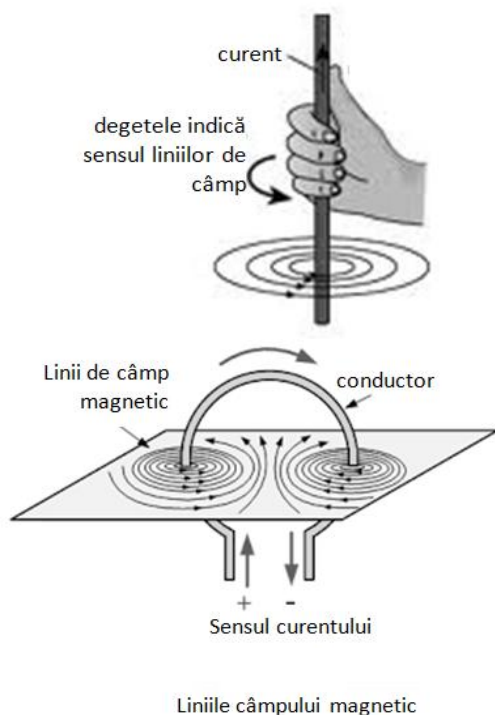
2.6.1. Efectul magnetic al curentului electric

Câmpul magnetic se produce în vecinătatea unui magnet permanent și în cea a unui conductor parcurs de curent.

Definiție: *Un câmp magnetic* este o formă de existență a materiei care se manifestă prin acțiuni asupra magneților și asupra conductoarelor parcurse de curent electric.

Poate fi descris cu ajutorul liniilor de câmp.

Liniile câmpului magnetic sunt tangente în fiecare punct la direcția acului magnetic. Forma liniilor de câmp depinde de forma conductorului prin care circulă curentul electric, așa cum se poate observa în figură, sensul lor fiind stabilit folosind regula burghiului:

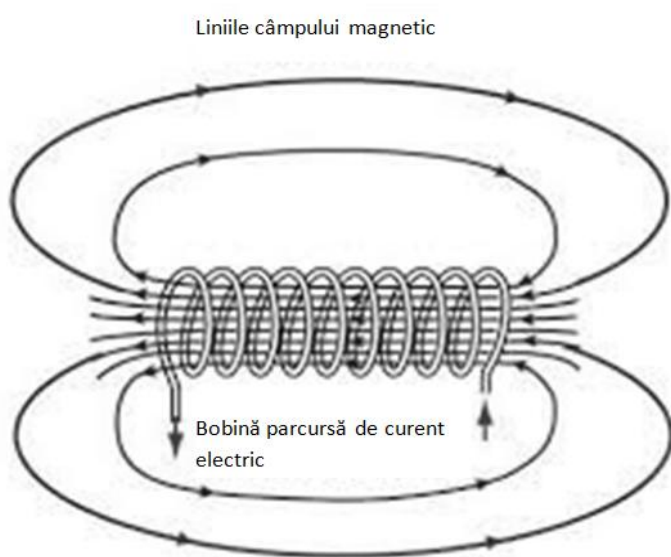


Conductor liniar

Sensul liniilor de câmp magnetic în jurul unui conductor liniar este sensul în care trebuie rotit un burghiu, paralel cu conductorul, pentru a-l deplasa în sensul curentului electric.

Conductor circular (spiră)

Sensul liniilor câmpului magnetic în interiorul unei spire este sensul în care înaintează burghiul dacă este rotit în sensul curentului din spiră.



Solenoid (bobină)

Sensul liniilor câmpului magnetic pe axa unei bobine este sensul în care înaintează burghiul așezat în lungul axei dacă este rotit în sensul curentului din fiecare spiră.

2.6.1.1. Inducția câmpului magnetic

Pentru a descrie cantitativ proprietățile câmpului magnetic s-a definit o mărime fizică vectorială numită inducția câmpului magnetic, a cărei direcție este tangentă în fiecare punct la linia de câmp, sensul este același cu al liniei de câmp iar modulul este dat de relația:

$$B = \frac{F}{I \cdot \ell}$$

unde:

- F este forța cu care câmpul magnetic acționează asupra conductorului, numită forță electromagnetică, $[F]_{SI} = 1N$;
- I este intensitatea curentului din conductor, $[I]_{SI} = 1A$,
- ℓ este lungimea conductorului aflat în câmp, $[\ell]_{SI} = 1m$.

Unitatea de măsură a inducției magnetice în S.I. se obține din relația de definiție, se numește Tesla și are simbolul T:

$$[B]_{SI} = \frac{[F]_{SI}}{[I]_{SI} \cdot [\ell]_{SI}} = \frac{1N}{1A \cdot 1m} = 1T$$

Definiție: 1 tesla reprezintă inducția unui câmp magnetic uniform care acționează cu o forță de 1N asupra fiecărui metru din lungimea unui conductor, parcurs de un curent cu intensitatea de 1 A, așezat perpendicular pe direcția liniilor de câmp.

a) **Inducția câmpului magnetic produs de conductorul liniar** parcurs de curent electric într-un punct oarecare are expresia

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r}$$

unde μ este o constantă de material numită **permeabilitate magnetică**, a cărei unitate de măsură se obține din relația precedentă $[\mu]_{SI} = 1N / A^2$, I este intensitatea curentului care străbate conductorul iar r este distanța de la punct la conductor .

Observații:

1) Permeabilitatea magnetică a vidului are valoarea $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N / A^2$

2) Permeabilitatea magnetică a aerului este aproximativ egală cu cea a vidului.

Definiție: Se numește **permeabilitate magnetică relativă** a unui mediu mărimea μ_r definită prin relația

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

unde μ este permeabilitatea magnetică a mediului și μ_0 este permeabilitatea vidului.

Observații:

1) Permeabilitatea magnetică relativă este o constantă de material, fără unitate de măsură;

2) Permeabilitatea magnetică a vidului este egală cu 1 iar cea a aerului este aproximativ egală cu 1.

b) **Inducția câmpului magnetic în centrul unei spire** de rază r parcurse de un curent electric de intensitate I are expresia

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2r}$$

c) **Inducția câmpului magnetic pe axa solenoidului** cu N spire și lungime ℓ are expresia

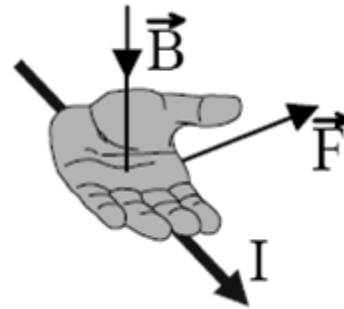
$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{\ell}$$

2.6.1.2. Forța electromagnetică

Din relația de definiție a inducției magnetice se obține expresia forței electromagnetice în cazul unui conductor așezat perpendicular pe direcția liniilor de câmp:

$$F = B \cdot I \cdot \ell$$

Orientarea acestei forțe se obține cu regula mâinii stângi.



În cazul în care conductorul nu este perpendicular pe liniile câmpului magnetic, formula de calcul a forței electromagnetice este:

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$$

unde α este unghiul dintre direcția liniilor de câmp magnetic și direcția conductorului parcurs de curent electric.

2.6.1.3. Interacțiunea magnetică a curenților electrici staționari

Dacă prin doi conductori rectilinii, paraleli și foarte lungi plasați în vid la distanța d unul de altul, circulă curenții de intensități I_1 și I_2 de același sens (figura a) sau de sens opus (figura b), atunci cei doi curenți produc în spațiul înconjurător un câmp magnetic, astfel încât fiecare curent se află în câmpul magnetic al celuilalt curent.

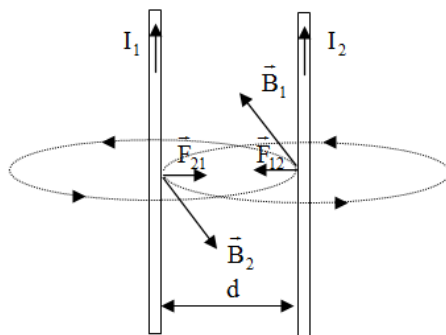


Figura a

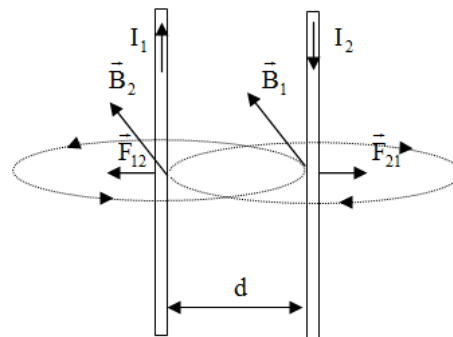


Figura b

Primul conductor produce la distanța d de el, unde se află al doilea conductor, un câmp magnetic de inducție

$$B_1 = \frac{\mu \cdot I_1}{2\pi d}$$

Acest câmp exercită asupra unei porțiuni de lungime ℓ din al doilea conductor o forță

$$F_{12} = B_1 \cdot I_2 \cdot \ell$$

Înlocuind expresia lui B_1 se obține relația

$$F_{12} = \frac{\mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \ell}{2\pi d}$$

Procedând analog se obține forța cu care cel de-al doilea conductor acționează asupra unei porțiuni de lungime ℓ din primul conductor, având aceeași valoare dar de sens contrar:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

Observații:

- 1) Forța de interacțiune dintre doi conductori parcurși de curent electric se numește **forță electrodinamică**;
- 2) Conform figurilor se constată că doi conductori parcurși de curent în același sens se atrag iar dacă sunt parcurși de curenți în sens contrar se resping.
- 3) Dacă se consideră cei doi conductori liniari, paraleli, foarte lungi, situați în vid, la distanța $d = 1\text{m}$, parcurși de curenți cu intensitățile $I_1 = I_2 = 1\text{A}$, atunci forța de interacțiune pe fiecare metru de lungime devine:

$$\frac{F}{\ell} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \cdot 1\text{A}^2}{2\pi \cdot 1\text{m}} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$$

Definiție: 1Amper este intensitatea curenților electrici constanți, de aceeași valoare care se stabilesc prin doi conductori rectilinii, paraleli, foarte lungi, situați în vid și care interacționează cu o forță de $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ pe fiecare metru de lungime.

2.6.1.4. Fluxul magnetic

Definiție: Fluxul magnetic Φ al unui câmp magnetic uniform de inducție B printr-o suprafață S așezată astfel încât direcția câmpului să formeze un unghi α cu normala la suprafață se definește prin relația:

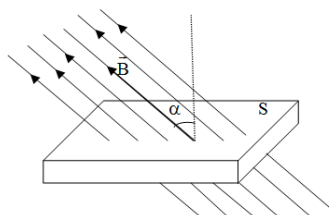
$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$$

Unitatea de măsură a fluxului magnetic în SI se numește weber, are simbolul Wb și se obține din relația de definiție a fluxului magnetic:

$$[\Phi]_{\text{SI}} = [B]_{\text{SI}} \cdot [S]_{\text{SI}} = 1\text{T} \cdot 1\text{m}^2 = 1\text{Wb}$$

Definiție: 1 weber este fluxul unui câmp magnetic uniform, de inducție 1 T, printr-o suprafață de 1 m^2 , așezată perpendicular pe direcția liniilor de câmp.

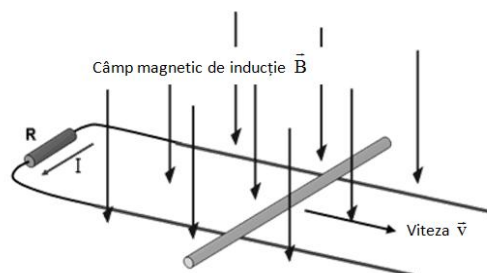
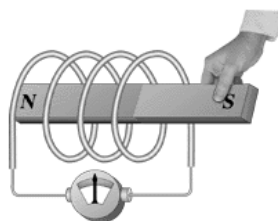
Observație: Atunci când suprafața este paralelă cu liniile de câmp, deci normala la suprafață este perpendiculară pe vectorul inducție, fluxul magnetic prin suprafața circuitului este nul.



2.6.1.5. Inducția electromagnetică

Experimental se constată că:

- 1) Atunci când se introduce sau se scoate un magnet permanent dintr-o bobină se generează în circuitul bobinei un curent electric;
- 2) Atunci când o bară conductoare este deplasată pe un conductor în formă de U, plasat în câmp magnetic, în circuitul format din bară și conductor se generează un curent electric.



Aceste experiențe și altele asemănătoare arată că atunci când fluxul magnetic care străbate suprafața unui circuit variază, în circuit apare o tensiune electromotoare care generează un curent. Acest fenomen este numit inducție electromagnetică.

Definiție: Fenomenul de inducție electromagnetică constă în generarea unei tensiuni electromotoare într-un circuit străbătut de un flux magnetic variabil în timp.

Observații:

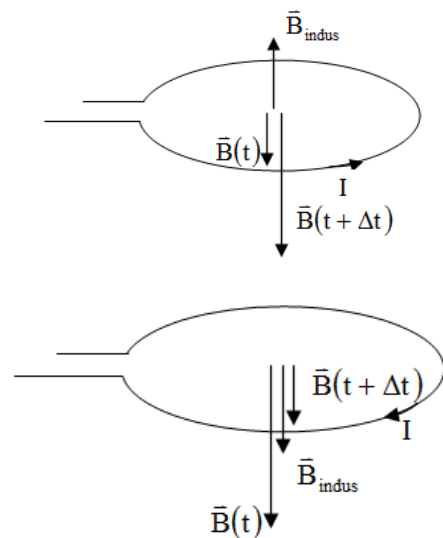
- 1) Variația fluxului poate fi realizată, conform relației $\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$, variind inducția B , variind suprafața circuitului S care este străbătută de liniile de câmp magnetic sau variind unghiul format de liniile de câmp cu suprafața circuitului.
- 2) Tensiunea electromotoare produsă de variația fluxului magnetic se numește **tensiune indusă** iar curentul generat se numește **curent indus**.

Generalizând observațiile experimentale, H. Lenz a formulat regula de stabilire a sensului curentului indus, numită **regula lui Lenz**.

Enunț: Curentul indus într-un circuit străbătut de un flux magnetic variabil are un astfel de sens încât fluxul magnetic produs de curentul indus se opune fluxului magnetic inductor.

Observații:

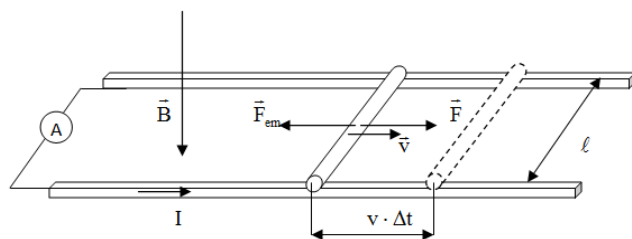
- 1) Atunci când fluxul inductor crește, curentul indus va avea un astfel de sens încât fluxul indus să se opună creșterii fluxului magnetic inductor ceea ce înseamnă că inducția câmpului magnetic indus va avea sens contrar celei a câmpului inductor.
- 2) Atunci când fluxul inductor scade, curentul indus va avea un astfel de sens încât fluxul indus să se opună scăderii fluxului magnetic inductor ceea ce înseamnă că inducția câmpului magnetic indus va avea același sens cu cea a câmpului inductor.



- 3) Sensul curentului indus se stabilește cu regula burghiului în funcție de sensul câmpului magnetic indus.

2.6.1.6. Legea lui Faraday

Într-un câmp magnetic vertical se consideră un conductor de lungime ℓ așezat pe două șine conductoare, care, sub acțiunea unei forțe externe F alunecă pe șine, frecările fiind neglijabile. Ca urmare a mișcării conductorului, aria circuitului străbătută de linii de câmp se modifică, deci în circuit se induce o tensiune electromotoare, $\mathcal{E}$ și un curent de intensitate I .



Asupra conductorului parcurs de curent aflat în câmp magnetic se exercită o forță electromagnetică $F_{em} = B \cdot I \cdot \ell$, orientată în sens opus forței externe. Când cele două forțe sunt

egale, conductorul se mișcă uniform cu viteza v și în timpul Δt parcurge distanța $d = v \cdot \Delta t$. Lucrul mecanic efectuat de forța electromagnetică în timpul Δt se poate scrie:

$$L_{em} = -F_{em} \cdot d = -B \cdot I \cdot \ell \cdot v \cdot \Delta t$$

Observând pe figură că produsul $\ell \cdot v \cdot \Delta t$ reprezintă variația ΔS a suprafeței circuitului străbătut de linii de câmp, lucrul mecanic efectuat de forța electromagnetică se poate scrie:

$$L_{em} = -B \cdot I \cdot \Delta S$$

Cum $B \cdot \Delta S = \Delta \Phi$ este variația fluxului prin circuit se obține lucrul mecanic efectuat de forța electromagnetică:

$$L_{em} = -I \cdot \Delta \Phi$$

Acest lucru mecanic este egal ca valoare cu lucrul mecanic efectuat de forța externă care este transformat în energia necesară deplasării sarcinii q prin circuit. Folosind definiția tensiunii electromotoare se poate scrie:

$$|e| = \frac{L}{q} = \frac{I \cdot \Delta \Phi}{q} = \frac{I \cdot \Delta \Phi}{I \cdot \Delta t} \Rightarrow e = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

unde s-a ținut cont de relația $q = I \cdot \Delta t$ și de regula lui Lenz introducându-se semnul minus. Ultima relație reprezintă expresia matematică a legii lui Faraday.

Enunț: Tensiunea electromotoare indusă într-un circuit este egală cu viteza de variație a fluxului magnetic prin suprafața aceluia circuit, luată cu semn schimbat

$$e = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Observații:

- 1) Legea lui Faraday a fost dedusă într-un caz particular, însă ea este valabilă în orice situație, indiferent de modul în care se realizează variația fluxului magnetic.
- 2) În cazul particular în care tensiunea electromotoare se induce într-un conductor liniar, mișcat cu viteza v într-un câmp magnetic perpendicular pe conductor, tensiunea electromotoare indusă este dată de relația

$$e = B \cdot \ell \cdot v$$

2.6.1.7. Autoinducția

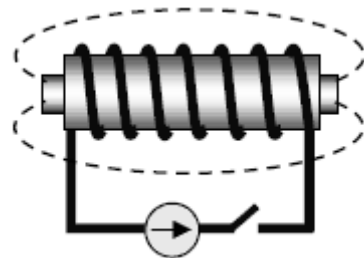
Definiție: Se numește **autoinducție** fenomenul de inducție electromagnetică produs într-un circuit datorită variației intensității curentului din acel circuit.

La închiderea întrerupătorului, prin bobină începe să circule curent a cărui intensitate crește de la zero la valoarea staționară $I = E/(R + r)$ dată de legea lui Ohm, care produce în interiorul bobinei un câmp magnetic variabil și implicit un flux magnetic variabil. Conform legii lui Faraday, fluxul variabil produce o t.e.m. indusă și un curent indus care se opune creșterii curentului inductor. Un proces analog se produce și la deschiderea întrerupătorului.

Definiție: Se numește inductanța unui circuit mărimea fizică definită ca raportul dintre fluxul magnetic care străbate suprafața circuitului și intensitatea curentului care parcurge circuitul:

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

Din relația de definiție se obține unitatea de măsură a inductanței în SI, numită henry, cu simbolul H:



$$[L]_{SI} = \frac{[\Phi]_{SI}}{[I]_{SI}} = \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ A}} = 1 \text{ H}$$

Definiție: 1 henry este inductanța unei spire a cărei suprafață este străbătută de un flux magnetic de 1Wb atunci când spira este parcursă de un curent cu intensitatea de 1A.

Din legea lui Faraday și definiția inductanței se obține **legea autoinducției**.

Enunț: Tensiunea electromotoare autoindusă într-un circuit este direct proporțională cu viteza de variație a intensității curentului din acel circuit, factorul de proporționalitate fiind inductanța circuitului.

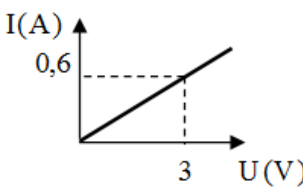
$$e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Din legea inducției, exprimând variația fluxului se obține expresia inductanței unei bobine cu N spire, lungimea ℓ și secțiunea S sub forma

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot S}{\ell}$$

Activități de evaluare

Probleme cu o singură soluție corectă

- Precizați care dintre mărimile fizice de mai jos este mărime corespunzătoare unei unități de măsură fundamentale în S.I.:
 - rezistența electrică
 - tensiunea electrică
 - sarcina electrică
 - intensitatea curentului electric
- Dependența intensității curentului electric printr-un rezistor de tensiunea electrică aplicată la bornele acestuia este reprezentată în graficul alăturat. Rezistența electrică a rezistorului are valoarea:
 

The graph shows a linear relationship between current I (in Amperes) on the vertical axis and voltage U (in Volts) on the horizontal axis. A dashed line indicates that when the voltage U is 3 V, the current I is 0.6 A.

 - 5 Ω
 - 3,6 Ω
 - 1,8 Ω
 - 0,2 Ω
- Dependența de temperatură a rezistivității electrice a unui conductor metalic este dată de relația:
 - $\rho = \rho_0(1 - \alpha t)$
 - $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$
 - $\rho_0 = \rho(1 + \alpha t)$
 - $\rho_0 = \rho(1 - \alpha t)$
- Un consumator conectat într-un circuit electric are rezistența electrică R și este parcurs de un curent având intensitatea I. Tensiunea electrică aplicată la bornele consumatorului are expresia:
 - $I = R \cdot U$
 - $R = U \cdot I$
 - $U = R \cdot I$
 - $U = R / I$
- Dependența rezistenței electrice a conductorului de natura materialului din care este confecționat și de dimensiunile sale este dată de relația:
 - $R = \frac{\rho \cdot S}{l}$
 - $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$
 - $R = \frac{\rho}{l \cdot S}$
 - $R = \frac{S}{\rho \cdot l}$
- Prin convenție, sensul curentului electric este:
 - de la „+” la „-” prin interiorul sursei
 - de la „+” la „-” prin circuitul exterior sursei
 - sensul deplasării electronilor în circuitul interior

- d. sensul deplasării electronilor în circuitul exterior sursei
7. Bateriile transformă:
- energie electrică în energie chimică;
 - energie mecanică în energie electrică;
 - energie chimică în energie electrică;
 - energie mecanică în energie chimică
8. La bornele unui generator electric cu $E=100\text{V}$, $r=10\Omega$ se leagă un consumator. Intensitatea curentului electric prin circuit este $I=2\text{A}$. Valoarea rezistenței electrice a consumatorului este:
- 10Ω
 - 20Ω
 - 30Ω
 - 40Ω
9. Unitatea de măsură, în S.I., pentru rezistivitatea electrică, este:
- $\Omega \cdot \text{m}$
 - Ω/m
 - Ω
 - V
10. Un consumator cu rezistența electrică R este alimentat de la o grupare serie de două generatoare având fiecare tensiunea electromotoare E și rezistența r . Intensitatea curentului prin acest consumator este:
- $I = \frac{2E}{2R+r}$
 - $I = \frac{E}{R+r}$
 - $I = \frac{E}{2R+r}$
 - $I = \frac{2E}{R+2r}$
11. Rezistența echivalentă a unei grupări de n rezistori identici, de rezistențe r fiecare, legați în paralel este:
- r
 - $\frac{n}{r}$
 - $n \cdot r$
 - $\frac{r}{n}$
12. Puterea maximă care poate fi transmisă circuitului exterior de o sursă cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r are expresia:
- $\frac{E^2}{4r}$
 - $\frac{E^2}{2r}$
 - $\frac{E}{R+r}$
 - $\frac{E}{4R}$
13. Expresia randamentului unui circuit electric simplu este:
- $\eta = \frac{R}{R+r}$
 - $\eta = \frac{R}{r}$
 - $\eta = \frac{R}{4r}$
 - $\eta = \frac{r}{R+r}$
14. Într-un nod N al unei rețele electrice sunt conectate patru ramuri; prin primele trei ramuri trec curenți electrice având intensitățile: 2 A (spre N), 5 A (dinspre N), 4 A (spre N). Despre valoarea intensității curentului prin cea de-a patra ramură și despre sensul acestui curent se poate afirma că sunt:
- 1 A (dinspre N)
 - 1 A (spre N)
 - 11 A (dinspre N)
 - 11 A (spre N)
15. Într-o rețea electrică considerăm un ochi determinat de laturile AB , BC , CD și DA ; se cunosc valorile tensiunilor electrice $U_{AB} = 12\text{ V}$, $U_{CB} = 24\text{ V}$, $U_{CD} = 6\text{ V}$. Tensiunea U_{AD} are valoarea:
- -6 V
 - 6 V
 - -42 V
 - 42 V
16. Notățiile fiind cele utilizate în manualele de fizică, relația corectă de definiție a inducției câmpului magnetic este:
- $B = \frac{F}{I \cdot \ell}$
 - $B = \frac{F \cdot I}{\ell}$
 - $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$
 - $B = \frac{F \cdot \ell}{I}$
17. Inducția magnetică se măsoară în:
- Amper
 - Henry
 - Tesla
 - Weber
18. Câmpul magnetic produs de curentul care circulă printr-o spirală de rază r , în centrul acesteia este dat de expresia:
- $B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$
 - $B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot r}$
 - $B = \frac{\mu \cdot I}{\pi \cdot r}$
 - $B = \frac{\mu \cdot I}{r}$
19. α fiind unghiul format de liniile de câmp cu direcția conductorului, expresia forței electromagnetice este:

- a. $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \cos \alpha$ b. $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$ c. $F = B \cdot I \sin \alpha$ d. $F = B \cdot \ell \sin \alpha$
20. Notațiile fiind cele utilizate în manualele de fizică, relația corectă pentru legea autoinducției este:
- a. $e = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ b. $e = -\frac{\Delta i}{\Delta t}$ c. $e = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ d. $e = -B \frac{\Delta i}{\Delta t}$
21. Notațiile fiind cele utilizate în manualele de fizică, relația corectă pentru inductanța unei bobine este:
- a. $L = \frac{\mu \cdot N \cdot S}{\ell}$ b. $L = \frac{\mu \cdot N \cdot \ell}{S}$ c. $L = \frac{\mu \cdot N}{\ell}$ d. $L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot S}{\ell}$

Apreciați cu adevărat sau fals:

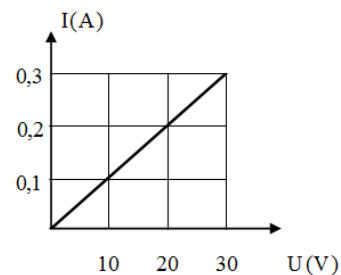
1. Rolul generatorului într-un circuit electric este de a produce electroni.
2. Sensul curentului electric este contrar deplasării purtătorilor de sarcină negativi.
3. Unitatea de măsură în S. I. pentru sarcina electrică poate fi scrisă sub forma A·s.
4. Unitatea de măsură în S. I. pentru rezistența electrică poate fi scrisă sub forma V/A.
5. O creștere a tensiunii electrice aplicate la bornele unui circuit electric ohmic determină o creștere direct proporțională a rezistenței electrice.
6. Legea I a lui Kirchhoff se obține din legea conservării energiei.
7. Rezistența echivalentă a unei grupări serie de N rezistoare este mai mare decât rezistența oricărui rezistor din grupare.
8. Dacă dintr-o grupare paralel de rezistoare identice conectate la o sursă de tensiune continuă se scoate un rezistor, atunci rezistența echivalentă crește și intensitatea curentului prin sursă scade.
9. Dacă un consumator conectat într-un circuit electric simplu are rezistența de trei ori mai mare decât rezistența internă a sursei de alimentare, atunci randamentul circuitului este de 50%.
10. La gruparea rezistoarelor în serie, intensitatea curentului ce trece prin rezistența echivalentă este egală cu suma intensităților curenților ce trec prin fiecare rezistor.
11. Puterea consumată de un rezistor depinde de timpul cât rezistorul este parcurs de curent electric.
12. Rezistența echivalentă a grupării serie de 3 rezistoare identice având fiecare rezistența electrică $R = 12\Omega$ este de 36Ω .
13. Un număr $N=10$ generatoare identice, având fiecare t.e.m. 1,2V, conectate în paralel pot fi înlocuite cu un generator cu t.e.m. de 12V.
14. Energiei electrice de 2kWh, exprimată în unități din S.I., îi corespunde valoarea $7,2 \cdot 10^6 J$.
15. Valoarea puterii electrice disipate pe un rezistor la bornele căruia se aplică o tensiune constantă depinde de sensul curentului prin rezistor.
16. Doi conductori paraleli parcurși de curent în același sens se atrag.
17. În definirea fluxului magnetic se folosește unghiul format de direcția liniilor de câmp cu suprafața pe care o străbat.
18. Inducția magnetică pe axa unei bobine crește dacă lungimea bobinei se micșorează.
19. Forța de interacțiune dintre doi conductori paraleli, parcurși de curent electric se dublează dacă distanța dintre conductori scade la jumătate.
20. Fenomenul de inducție electromagnetică se produce într-un circuit a cărui suprafață este străbătută de un flux magnetic.

Probleme

- La bornele unui generator electric cu $E=100V$, $r=10\Omega$ se leagă un consumator. Intensitatea curentului electric prin circuit este $I=2A$. Să se afle: a) tensiunea internă; b) tensiunea la bornele consumatorului; c) rezistența electrică a consumatorului; d) intensitatea curentului de scurtcircuit.
- O sursă de tensiune electrică alimentează un rezistor format dintr-un fir de lungime $\ell=8m$, secțiune $S=1mm^2$ și rezistivitate $\rho=4\cdot 10^{-7}\Omega\cdot m$. Prin rezistor trece un curent de intensitate $I_1=1,8A$. Dacă se scurtcircuitază bornele sursei, intensitatea curentului crește la $I_s=10A$. Determinați:

- rezistența circuitului exterior;
- tensiunea electrică la bornele sursei;
- rezistența internă a sursei;
- tensiunea electromotoare a sursei.

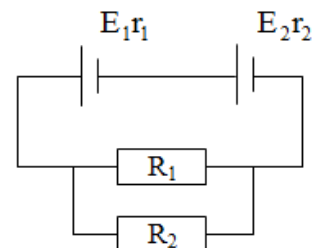
- În figura alăturată este reprezentată dependența intensității curentului care parcurge un consumator de tensiunea electrică măsurată la bornele sale. Consumatorul este construit dintr-un fir având lungimea $\ell=125m$ și diametrul $d=0,5mm$.



Folosind datele din grafic determinați:

- valoarea rezistenței electrice a consumatorului;
 - numărul de electroni care trec în unitatea de timp atunci când tensiunea este de 30V;
 - intensitatea curentului prin circuit, dacă acest consumator ar fi conectat la bornele unei surse cu tensiunea electromotoare $E=110V$ și $r=10\Omega$;
 - rezistivitatea materialului din care este confecționat consumatorul.
- Patru generatoare identice, având fiecare t.e.m. $E=2V$ și rezistența internă $r=1\Omega$, sunt grupate în serie. Ele alimentează un circuit format din rezistorul $R_1=3\Omega$ legat în serie cu gruparea paralel a rezistoarelor $R_2=R_3=6\Omega$.
 - desenați schema circuitului.
 - calculați rezistența electrică a circuitului exterior.
 - calculați t.e.m. echivalentă a surselor.
 - determinați intensitatea curentului prin surse.
 - calculați puterea consumată de R_1 .

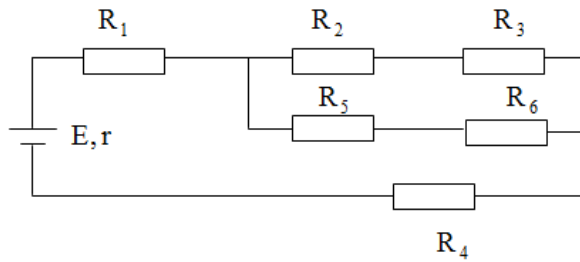
- Pentru circuitul din figura alăturată se cunosc: $E_1=10V$, $E_2=20V$, $R_1=R_2=54\Omega$, $r_1=1\Omega$, $r_2=2\Omega$. Determinați:



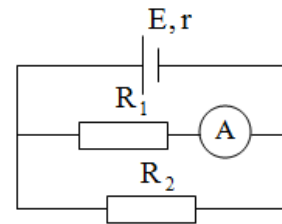
- rezistența echivalentă R_p a grupării paralel;
 - tensiunea electromotoare echivalentă a grupării celor două surse;
 - intensitatea curentului prin sursele de tensiune;
 - tensiunea electrică la bornele grupării paralel;
 - căderea de tensiune în interiorul primei surse.
- La rețeaua de 220V se leagă în paralel, prin intermediul unei prize multiple, un cuptor cu microunde de putere nominală $P_1=800W$ și un frigider de putere nominală $P_2=500W$. Calculați:
 - rezistența electrică a cuptorului cu microunde;

- b. intensitatea curentului prin frigider;
- c. intensitatea curentului prin conductoarele prizei de alimentare de la rețea;
- d. energia electrică pe care o consumă frigiderul în timpul $t = 15$ min.

7. În circuitul din figura alăturată sursa are tensiunea electromotoare $E = 22V$, rezistența internă $r = 1\Omega$, iar rezistorii din circuit au rezistențele electrice $R_1 = R_4 = 3,3\Omega$, $R_2 = R_3 = 2\Omega$, $R_5 = R_6 = 3\Omega$. Determinați:



- a. rezistența electrică echivalentă a circuitului exterior;
 - b. intensitatea curentului electric I_1 prin R_1 ;
 - c. intensitatea curentului electric indicat de un ampermetru ideal ($R_A = 0$) conectat în serie cu rezistorul R_2 ;
 - d. tensiunea electrică la bornele grupării paralel.
8. Un circuit electric este alcătuit din trei consumatoare de rezistențe egale, $R = 60\Omega$, legate în paralel. Generatorul de t.e.m. continuă, $E = 22V$, care alimentează circuitul are rezistența internă $r = 2\Omega$. Calculați:
- a. puterea totală a sursei;
 - b. energia dezvoltată pe unul dintre rezistorii r în timpul $\Delta t = 30s$;
 - c. puterea electrică totală dezvoltată de consumatorii din circuit;
 - d. randamentul circuitului.
9. Se consideră circuitul electric a cărui schemă este reprezentată în figura alăturată. Se cunosc: $E = 24V$, $r = 2\Omega$, $R_1 = 10\Omega$ și valoarea intensității indicate de ampermetrul ideal ($R_A \cong 0$), $I_1 = 1,5A$. Conductoarele de legătură au rezistența neglijabilă. Determinați:



- a. energia consumată de rezistorul R_1 în intervalul de timp $\Delta t = 5$ minute;
 - b. rezistența electrică a rezistorului R_2 ;
 - c. randamentul circuitului electric;
 - d. puterea disipată în circuitul exterior;
10. Două conductoare lungi, paralele, situate la distanța $d = 0,4m$ unul de celălalt, sunt parcurse de curenți de același sens de intensitate $I = 12A$ fiecare. Aflați valoarea inducției magnetice la jumătatea distanței dintre conductoare.

Capitolul 3. Producerea și utilizarea curentului alternativ

3.1. Curentul alternativ

3.1.1. Generarea curentului alternativ

Se consideră un cadru metalic dreptunghiular, plasat în câmp magnetic uniform, perpendicular pe axa de simetrie a cadrului, în jurul căreia se rotește cadrul cu viteză unghiulară constantă ω . Capetele cadrului sunt în contact cu două inele colectoare C_1 și C_2 conectate printr-un rezistor la un ampermetru. În timpul rotației, unghiul α format de normala la cadru cu vectorul inducție variază continuu după legea $\alpha = \omega \cdot t$, ceea ce determină și variația fluxului prin suprafața cadrului:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \omega t$$

Conform legii lui Faraday, t.e.m. indusă la capetele cadrului este $e = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. Se induce tensiune electromotoare doar în laturile cadrului care taie liniile câmpului magnetic, a căror lungime este ℓ . Folosind formula t.e.m. indusă într-un conductor liniar, mișcat cu viteza v într-un câmp magnetic de inducție B , $e = B \cdot \ell \cdot v \cdot \sin \alpha$ și relația dintre viteza liniară și viteza unghiulară din mișcarea circulară $v = \omega \cdot r$, unde r este raza mișcării circulare, dependența de timp a t.e.m. devine:

$$e = 2B \cdot \ell \cdot \omega \cdot r \cdot \sin \omega t$$

unde produsul $2\ell \cdot r$ reprezintă suprafața S delimitată de cadru, adică $S = 2\ell \cdot r$

Conform legii lui Faraday, aceeași dependență va avea și viteza de variație a fluxului:

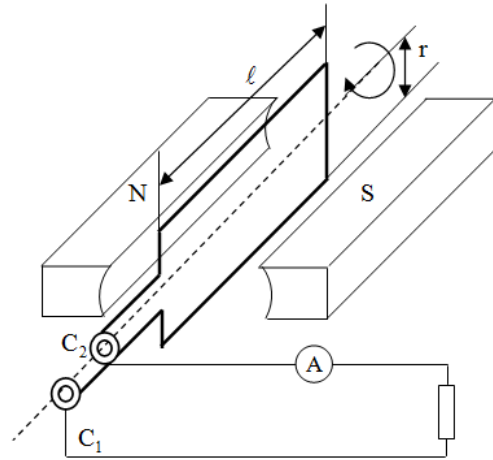
$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t \text{ sau } \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Comparând legea de variație în timp a fluxului cu cea a vitezei de variație a fluxului se poate enunța următoarea teoremă: Variația în timp a unei mărimi armonice este tot o mărime armonică, de aceeași pulsație, a cărei amplitudine este multiplicată cu ω , iar faza mărită $\pi/2$ (și reciproca este adevărată). Folosind expresia fluxului, legea lui Faraday și teorema precedentă se obține t.e.m. indusă în cadru:

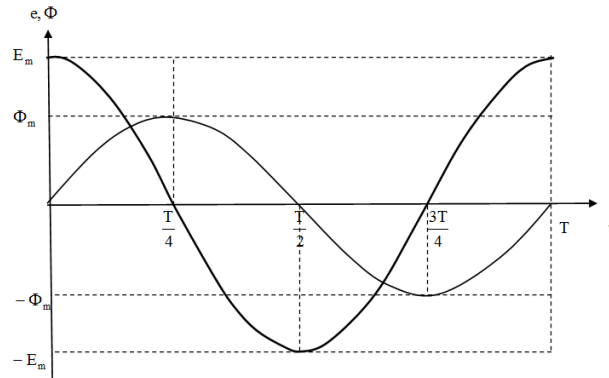
$$e = \omega \cdot B \cdot S \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \omega \cdot \Phi_m \cdot \sin \omega t = E_m \sin \omega t$$

unde:

- e este tensiunea electromotoare instantanee (la momentul t);
- $E_m = \omega \cdot \Phi_m$ este valoarea maximă, numită amplitudine a tensiunii alternative;
- $\omega = 2\pi\nu$ este pulsația tensiunii alternative, ν fiind frecvența;
- $\Phi_m = B \cdot S$ este valoarea maximă a fluxului prin suprafața delimitată de cadru, B este inducția câmpului magnetic și S este suprafața cadrului.



Graficul variației fluxului magnetic prin suprafața cadrului și t.e.m. indusă în cadru sunt reprezentate în figura alăturată.

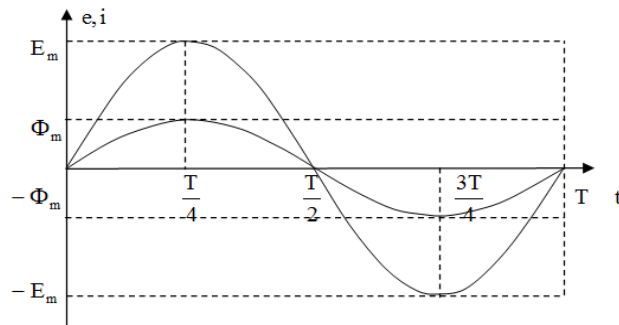


Dacă circuitul exterior conține numai un rezistor, atunci valoarea instantanee a intensității curentului alternativ va fi de forma:

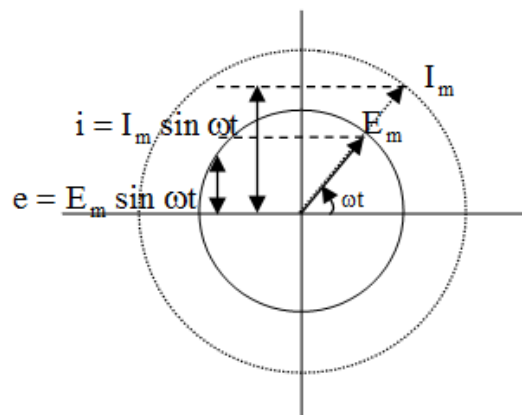
$$i = \frac{e}{R} = I_m \cdot \sin \omega t$$

unde $I_m = E_m / R$ este valoarea maximă a intensității curentului alternativ, numită amplitudine.

Reprezentând grafic variația intensității curentului și tensiunii electromotoare induse se constată că cele două mărimi variază în fază.



Mărimilor fizice care variază sinusoidal li se pot asocia vectori rotitori numiți **fazorii**. **Fazorul asociat are modulul egal cu valoarea efectivă a mărimii și este orientat față de axa orizontală sub un unghi egal cu faza inițială a mărimii.** El se rotește în sens trigonometric cu aceeași viteză unghiulară cu care variază faza. În reprezentarea fazorială, mărimile se deosebesc prin valoarea efectivă și prin faza inițială.



Fazorii asociați valorilor instantanee ale intensității și tensiunii se rotesc împreună.

3.1.2. Valori efective ale tensiunii și intensității curentului alternativ

La trecerea curentului electric printr-un rezistor se generează căldură. Căldura generată într-un interval de timp de curent alternativ poate fi generată în același interval de timp de un curent continuu de o anumită intensitate, numită intensitatea efectivă a curentului alternativ.

Definiție: Valoarea efectivă a intensității curentului alternativ este egală cu acea valoare a intensității unui curent continuu care străbătând același rezistor ca și curentul alternativ, produce aceeași cantitate de căldură ca și curentul alternativ, în același interval de timp.

Impunând condiția din definiție, se demonstrează că valoarea efectivă a intensității curentului alternativ este dată de relația:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Conform legii lui Ohm se obține valoarea efectivă a tensiunii alternative:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

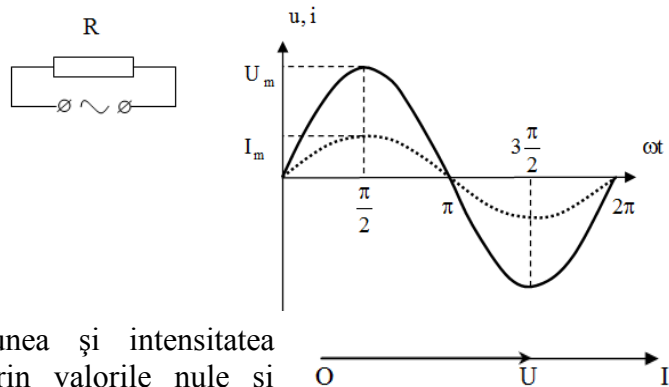
Observație:

Instrumentele de măsură pentru intensitatea curentului și tensiunea alternativă indică valorile efective.

3.2. Elemente de circuit

3.2.1. Comportarea elementelor de circuit în curent alternativ

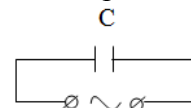
Dacă la bornele unui rezistor de rezistență R se aplică o tensiune alternativă $u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$, se poate aplica legea lui Ohm în valori instantanee $u = R \cdot i$ și în valori efective $U = R \cdot I$.



La bornele rezistenței, tensiunea și intensitatea curentului alternativ trec simultan prin valorile nule și maxime, deci sunt în fază.

Concluzie: rezistorul nu introduce defazaj între curentul stabilit prin el și tensiunea aplicată.

Se consideră un circuit format dintr-un condensator de capacitate C . Dacă la bornele circuitului se aplică o tensiune continuă, curentul nu circulă, dielectricul dintre armăturile condensatorului întrerupând circuitul.



Dacă se aplică la bornele circuitului o tensiune alternativă, când aceasta crește spre valoarea maximă, condensatorul se încarcă, iar când tensiunea scade, condensatorul se descarcă, curentul circulând astfel permanent.

Dacă tensiunea aplicată este de forma $u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$, atunci aplicând definiția capacității electrice $C = \frac{q(t)}{u(t)}$, se obține variația sarcinii electrice de pe armăturile

condensatorului în timp de forma $q(t) = C \cdot u(t)$, sau $q(t) = C \cdot U_m \cdot \sin \omega t$, de unde se poate scrie dependența de timp a vitezei de variație a sarcinii electrice, adică intensitatea curentului:

$$i(t) = \omega \cdot C \cdot U_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

unde I_m este dat de relația:

$$I_m = \omega \cdot C \cdot U_m = \frac{U_m}{X_C}$$

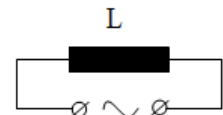
în care $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ este rezistența aparentă introdusă de condensator numită **reactanță capacitivă**.

Comparând dependența de timp a intensității curentului cu cea a tensiunii aplicate se constată că într-un circuit de curent alternativ în care este prezent un condensator ideal, intensitatea curentului este defazată cu $\pi/2$ înaintea tensiunii aplicate.

Concluzii:

- 1) condensatorul încheie circuitul de curent alternativ;
- 2) condensatorul ideal introduce o rezistență aparentă $X_C = \frac{1}{\omega C}$ și un defazaj al intensității curentului înaintea tensiunii aplicate cu $\pi/2$.

Dacă printr-o bobină ideală de inductanță L trece un curent alternativ de intensitate instantanee $i = I_m \cdot \sin \omega t$, atunci la bornele bobinei se generează prin autoinducție o tensiune electromotoare dată de legea $e = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$.



Deoarece bobina nu are rezistență, nu se produce cădere de tensiune, ceea ce înseamnă că aplicând legea a II-a a lui Kirchhoff se poate scrie $u + e = 0$ de unde $u = -e$. Folosind dependența intensității curentului de timp, se obține dependența de timp a vitezei de variație a intensității curentului:

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \omega \cdot I_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

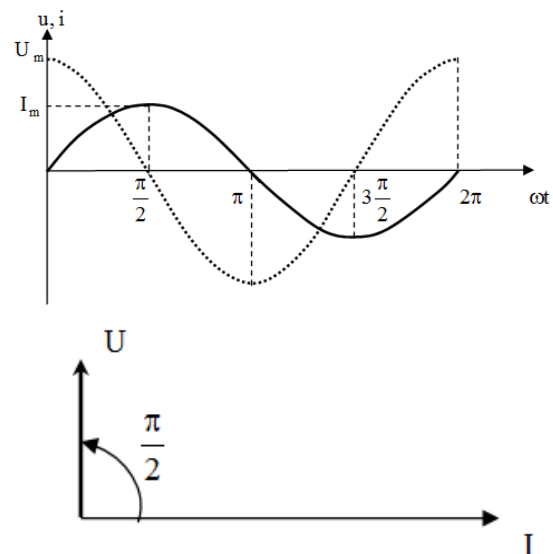
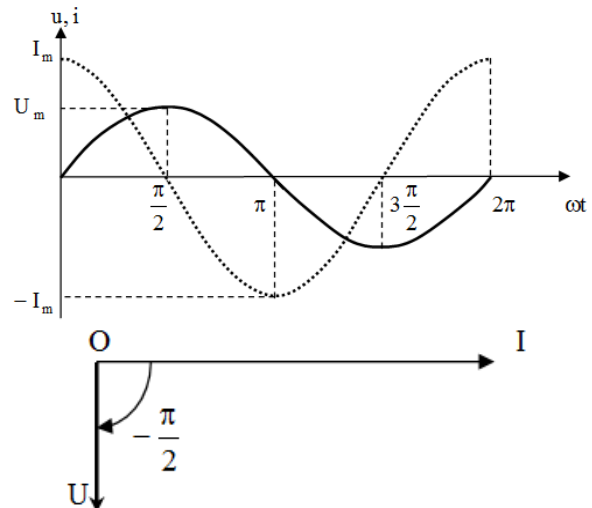
de unde tensiunea la bornele bobinei devine:

$$u(t) = \omega \cdot L \cdot I_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = U_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

în care s-a notat cu U_m valoarea maximă a tensiunii dată de relația $U_m = \omega \cdot L \cdot I_m$.

Comparând dependențele $u(t)$ și $i(t)$ se constată că într-un circuit de curent alternativ în care este prezentă o bobină ideală, tensiunea este defazată cu $\pi/2$ înaintea curentului; valoarea maximă a tensiunii poate fi scrisă sub forma $U_m = X_L \cdot I_m$ unde $X_L = \omega L$ este rezistența aparentă introdusă de bobină, numită **reactanță inductivă**.

Concluzii:



- 1) într-un circuit de curent alternativ în care este prezentă o bobină ideală, tensiunea este defazată cu $\pi/2$ înaintea intensității curentului;
- 2) prezența bobinei în circuitul de curent alternativ introduce o rezistență aparentă, $X_L = \omega L$, numită reactanță inductivă.

3.2.2. Circuitul serie cu rezistor, bobină și condensator (R, L, C) în curent alternativ

Se consideră un circuit format dintr-un rezistor de rezistență R, o bobină ideală de inductanță L și un condensator ideal de capacitate C, legate în serie. La bornele circuitului se aplică o tensiune alternativă. Ținând cont de comportamentul elementelor de circuit, se vor obține tensiunile:

- la bornele rezistorului $U_R = R \cdot I$ în fază cu intensitatea I
- la bornele bobinei $U_L = X_L \cdot I$, defazată cu $\pi/2$ înaintea intensității I
- la bornele condensatorului $U_C = X_C \cdot I$ defazată cu $\pi/2$ în urma intensității I.

Pe diagrama fazorială, tensiunea U se obține sumând vectorial aceste tensiuni și se obține astfel un triunghi dreptunghic, numit triunghiul tensiunilor în care aplicând teorema lui Pitagora se obține:

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

Folosind expresiile tensiunilor rezultă:

$$U = I \cdot \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

relație care exprimă legea lui Ohm pentru circuitul RLC serie.

Mărimea definită prin relația

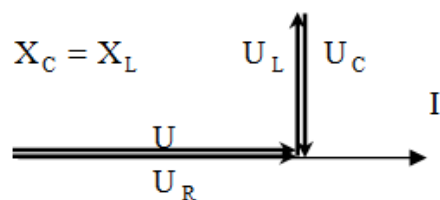
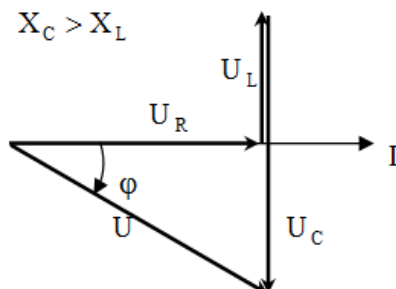
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

este numită **impedanța** circuitului RLC serie. Înlocuind expresia impedanței în legea lui Ohm pentru circuitul RLC serie, se obține legea lui Ohm valabilă pentru orice circuit de curent alternativ $U = I \cdot Z$.

Triunghiul tensiunilor poate fi folosit și pentru exprimarea defazajului φ al tensiunii U față de intensitatea I:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Diagrama fazorială prezentată corespunde situației în care $U_L > U_C$ ceea ce conduce la $X_L > X_C$. În acest caz efectul inductiv predomină în raport cu cel capacitiv și $\operatorname{tg} \varphi > 0$ ceea ce înseamnă că defazajul este pozitiv. Sunt posibile și situațiile în care $X_C > X_L$ (predomină efectul capacitiv) pentru care $\operatorname{tg} \varphi < 0$ și defazajul este negativ și $X_C = X_L$ (efectele se compensează) pentru care $\operatorname{tg} \varphi = 0$ și deci defazajul este nul, situații pentru care diagramele fazoriale sunt prezentate mai jos:



Cazul în care $X_C = X_L$ pentru care se obține $\operatorname{tg}\varphi = 0$ este numit **rezonanța tensiunilor**.

3.2.3. Rezananța tensiunilor

Dacă $U_L = U_C$, adică $X_C = X_L$, efectul inductiv se compensează cu cel capacitiv, $\operatorname{tg}\varphi = 0$, ceea ce înseamnă că defazajul dintre intensitatea curentului și tensiune este nul, se obține rezonanța tensiunilor în circuitul serie și se spune că circuitul funcționează în regim de rezonanță.

Dacă este îndeplinită condiția de rezonanță $X_C = X_L$, se obțin următoarele concluzii:

1. impedanța circuitului serie este minimă $Z = R$ și intensitatea curentului este maximă

$$I_{\text{rez}} = \frac{U}{R}$$

2. într-un circuit în care sunt fixate inductanța bobinei și capacitatea condensatorului, rezonanța se poate obține pentru o anumită valoare a frecvenței, numită **frecvență de rezonanță**

$$X_L = X_C \Rightarrow \omega_0 \cdot L = \frac{1}{\omega_0 \cdot C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Se observă că frecvența de rezonanță depinde numai de valorile inductanței bobinei și capacității condensatorului. Frecvenței de rezonanță îi corespunde o perioadă a tensiunii alternative dată de relația

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

numită **formula lui Thomson**.

Definiție: Se numește **factor de calitate** Q (numit și **factor de supratensiune**) raportul dintre tensiunea la bornele bobinei sau tensiunea la bornele condensatorului și tensiunea la bornele circuitului în regim de rezonanță.

$$Q = \left(\frac{U_L}{U} \right)_{\omega=\omega_0} = \left(\frac{U_C}{U} \right)_{\omega=\omega_0}$$

Folosind $U_L = I_{\text{rez}} \cdot X_L = \frac{U}{R} \omega_0 \cdot L$ și $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ se obține

$$Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

3.2.4. Circuitul paralel cu rezistor, bobină și condensator în curent alternativ.

Rezananța curenților

Se consideră un circuit format dintr-un rezistor de rezistență R , o bobină ideală de inductanță L și un condensator de capacitate C , legate în paralel și alimentate de o sursă de tensiune alternativă

$$u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$$

Elementele de circuit fiind legate în paralel au aceeași tensiune la borne în valoare efectivă U și vor fi parcurse de curenți a căror intensități se pot scrie folosind legea lui Ohm:

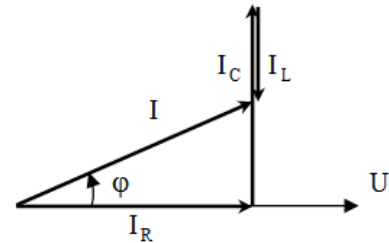
- prin rezistor $I_R = \frac{U}{R}$ în fază cu tensiunea U

- prin bobină $I_L = \frac{U}{X_L}$ defazat cu $\pi/2$ în urma tensiunii

- prin condensator $I_C = \frac{U}{X_C}$ defazat cu $\pi/2$ înaintea tensiunii

Intensitatea curentului care străbate ramura care conține sursa se obține pe diagrama fazorială prin sumarea vectorială a celor trei curenți. Din triunghiul dreptunghic format pe diagramă, numit **triunghiul intensităților**, folosind teorema lui Pitagora, se obține:

$$I^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2$$



Folosind expresiile intensităților prin ramurile ce conțin elementele circuitului rezultă:

$$I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}$$

relație care exprimă legea lui Ohm pentru circuitul paralel, unde mărimea

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}}$$

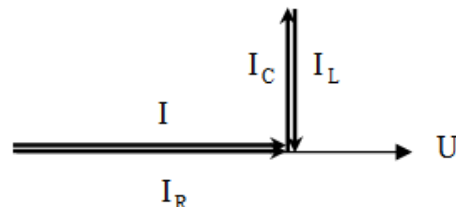
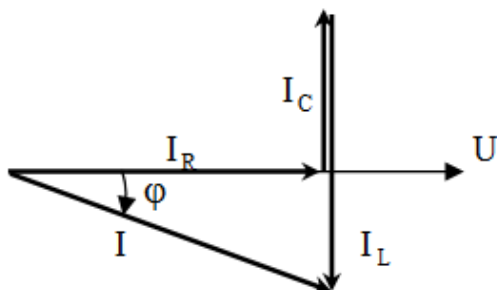
reprezintă **impedanța** circuitului RLC paralel.

Triunghiul intensităților poate fi folosit și pentru exprimarea defazajului φ al intensității curentului prin ramura principală față de tensiunea aplicată la bornele circuitului:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = R \cdot \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)$$

Observație: Cazul prezentat pe diagrama fazorială corespunde situației în care $I_C > I_L$, ceea ce înseamnă $X_C < X_L$, caz în care $\operatorname{tg} \varphi > 0$ adică defazajul este pozitiv. În acest caz dacă la bornele circuitului se aplică tensiunea alternativă $u(t) = U_m \cdot \sin \omega t$, atunci prin circuit va circula curentul $i(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$.

În diagramele fazoriale de mai jos sunt prezentate și cazurile posibile $I_C < I_L$, obținut atunci când $X_C > X_L$, caz în care $\operatorname{tg} \varphi < 0$, deci defazajul este negativ și $I_C = I_L$, obținut când $X_C = X_L$, ceea ce face ca $\operatorname{tg} \varphi = 0$, adică defazajul devine nul.



Cazul în care $I_C = I_L$ și deci $X_C = X_L$ este numit **rezonanța intensităților** în circuit paralel. Din $X_C = X_L$ se obține pentru frecvența de rezonanță aceeași expresie ca și în cazul circuitului serie

$$v_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Din relația $I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}$ rezultă că **la rezonanța intensităților, curentul**

prin ramura principală a circuitului este minim și are valoarea efectivă $I_{rez} = \frac{U}{R}$

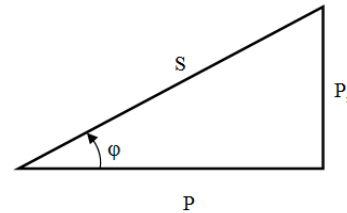
3.3. Energia și puterea în circuitele de curent alternativ

Dacă în triunghiul tensiunilor obținut pe diagrama fazorială a circuitului serie se înmulțesc valorile laturilor cu intensitatea curentului I , se obține un triunghi asemenea în care lungimile laturilor au dimensiuni de puteri.

Îpotenuza reprezintă **puterea aparentă** care reprezintă energia furnizată circuitului în fiecare secundă, de generatorul de tensiune alternativă.

$$S = U \cdot I$$

Unitatea de măsură a puterii aparente se numește **volt-ampere** și se notează VA.



Cateta orizontală $P = U_R \cdot I$ reprezintă puterea disipată pe rezistorul R și se numește **putere activă**. Poate fi exprimată conform figurii prin relația

$$P = S \cdot \cos\varphi = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Unitatea de măsură a puterii active este wattul.

Factorul $\cos\varphi = \frac{P}{S}$ este numit **factor de putere** și valoarea sa arată ce fracțiune din puterea furnizată de generator o poate utiliza un consumator.

Cateta verticală $P_r = (U_L - U_C) \cdot I = (X_L - X_C) \cdot I^2$ reprezintă puterea concentrată în câmpul magnetic al bobinei și în câmpul electric dintre armăturile condensatorului, este numită **putere reactivă** și are expresia

$$P_r = S \cdot \sin\varphi = U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

Unitatea de măsură pentru puterea reactivă este numită **volt-ampere-reactiv**, notată VAR.

Din triunghiul puterilor se obțin și alte relații:

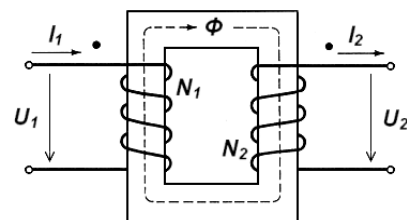
$$S^2 = P^2 + P_r^2, \quad P_r = P \cdot \tan\varphi$$

3.4. Transformatorul

Transportul eficient al energiei electrice la distanțe mari necesită utilizarea tensiunilor înalte, deoarece în acest caz se pot folosi curenți de intensitate mică, ceea ce conduce la micșorarea pierderilor prin efect Joule pe linia de transport. La locul de utilizare energia electrică trebuie să aibă o tensiune joasă pentru ca folosirea ei să nu fie periculoasă.

Transformatorul este un aparat electric folosit pentru modificarea tensiunii unui curent alternativ.

În principiu un transformator este constituit din două bobine, izolate electric una de alta, înfășurate pe același miez de fier. Un curent alternativ care străbate una dintre bobine produce în miez un flux magnetic variabil, care determină apariția în cea de a doua bobină a unei tensiuni electromotoare induse.



Astfel energia electrică este transferată de la o bobină la cealaltă. Bobina careia i se furnizează puterea electrică se numește **primar, bobină primară** sau **înfășurare primară** iar cea care debitează apoi puterea este numită **secundar** sau **înfășurare secundară**.

Pentru simplificare, se consideră că în transformator nu există pierderi. Se notează N_1 numărul de spire ale primarului și N_2 ale secundarului. Sursa de tensiune U_1 este conectată la primar. Se consideră circuitul secundar deschis astfel încât să nu circule curent, caz în care se spune că transformatorul funcționează în gol.

Deoarece ambele bobine sunt străbătute de același flux magnetic, tensiunea electromotoare indusă într-o spirală este aceeași și în primar și în secundar. Tensiunile electromotoare induse în cele două bobine sunt date de legea lui Faraday:

$$e_1 = -N_1 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ și } e_2 = -N_2 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Facând raportul celor două relații și ținând cont că înfășurările au fost presupuse ideale (pierderile prin efect Joule sunt nule), ceea ce înseamnă că tensiunile la borne U_1 și U_2 sunt egale cu tensiunile electromotoare e_1 , respectiv e_2 se obține:

$$k = \frac{e_1}{e_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

unde k se numește **raportul de transformare al transformatorului**.

Concluzie: La funcționarea în gol a transformatorului, tensiunile sunt direct proporționale cu numărul de spire al înfășurărilor respective.

Din această relație se observă că dacă $N_2 > N_1$ atunci și $U_2 > U_1$ adică se obține în secundar o tensiune mai mare decât în primar, transformatorul este în acest caz ridicător de tensiune. Dacă $N_2 < N_1$, atunci $U_2 < U_1$, adică se obține în secundar o tensiune mai mică decât în primar și transformatorul se numește coborâtor de tensiune.

Raportul dintre puterea furnizată de transformator și puterea primită definește randamentul acestuia:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1}$$

Transformatoarele au o multitudine de aplicații legate de capacitatea lor de a ridica sau coborî tensiunea curentului alternativ: în multe aparate de uz casnic (radio, televizor, calculator, telefon), pentru coborârea tensiunii la nivelul necesar funcționării anumitor circuite, bobina de inducție utilizată la obținerea tensiunii necesare realizării aprinderii la motoarele cu aprindere prin scânteie.

Activități de evaluare

Probleme cu o singură soluție corectă

- Prezența unei bobine ideale într-un circuit de curent alternativ determină:
 - mișcarea de ansamblu oscilatorie a electronilor de conducție
 - aparitia fenomenului de autoinducție
 - defazarea curentului înaintea tensiunii
 - creșterea rezistenței circuitului
- Frecvența de rezonanță a unui circuit de curent alternativ este dată de formula:
 - $\nu_0 = 2\pi\sqrt{LC}$
 - $\nu_0 = 2\pi LC$
 - $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

- d. $\nu_0 = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$
3. Simbolurile fiind cele utilizate în manualele de fizică, unitatea de măsură a inductanței este:
- a. H b. Hz c. Ω d. F
4. Legea lui Ohm pentru circuitul RC serie se scrie:
- a. $U = I\sqrt{R^2 - X_C^2}$
 b. $U = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$
 c. $U = I(R^2 + X_C^2)$
 d. $U = I\sqrt{R^2 + \omega^2 C^2}$
5. Impedanța unui circuit RLC serie în curent alternativ la rezonanță are valoarea:
- a. 0 b. ∞ c. R d. $1/R$
6. Dacă în bobina ideală a unui circuit RL, serie în c.a. introducem un miez de fier, atunci:
- a. impedanța scade
 b. intensitatea curentului crește
 c. căderea de tensiune pe bobină scade
 d. defazajul crește
7. Defazajul dintre curent și tensiune într-un circuit RLC paralel este dat de relația:
- a. $\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_C - X_L}{R}$
 b. $\operatorname{tg}\varphi = \frac{R}{X_C - X_L}$
 c. $\operatorname{tg}\varphi = R\left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)$
 d. $\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_C + X_L}{R}$
8. Printr-o bobină alimentată la o tensiune alternativă sinusoidală, cu pulsația ω , trece un curent electric cu intensitatea I. Dacă legând în serie cu bobina un condensator de capacitate C, intensitatea curentului electric prin circuit rămâne nemodificată, atunci inductanța bobinei este:
- a. $\frac{1}{4\omega^2 C}$ b. $\frac{1}{2\omega^2 C}$ c. $\frac{1}{\omega^2 C}$ d. $\frac{2}{\omega^2 C}$
9. Puterea activă se măsoară în:
- a. W b. VA c. VAR d. Ws
10. Impedanța unui circuit paralel RLC în curent alternativ este dată de relația:
- a. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
 b. $Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$
 c. $Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$

$$d. \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}$$

Apreciați cu adevărat sau fals:

1. Expresia valorii instantanene a intensității unui curent care variază sinusoidal în timp, cu amplitudinea de 15A, perioada 0,02s, defazată în urmă față de originea timpului cu $t = 0,00125s$ este $i = 15\sqrt{2} \sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{8}\right)$.
2. Dacă un circuit RLC serie funcționează în regim de rezonanță, atunci intensitatea curentului care îl străbate are valoare maximă.
3. Într-un circuit de curent alternativ în care este prezentă o bobină ideală, tensiunea este defazată cu $\pi/2$ înaintea intensității curentului
4. O bobină reală alimentată la o tensiune alternativă introduce un defazaj al curentului în urma tensiunii de $\pi/2$.
5. Instrumentele de măsură (ampermetru și voltmetru), în curent alternativ, indică valori momentane.
6. Într-un circuit de curent alternativ care conține un condensator și un rezistor înseriate, intensitatea curentului este defazată înaintea tensiunii cu un unghi mai mic decât $\pi/2$.
7. În triunghiul puterilor, puterea aparentă joacă rol de ipotenuză iar puterea activă este cateta opusă defazajului dintre curent și tensiune.
8. Factorul de calitate al unui circuit RLC serie se definește ca raportul dintre tensiunea la bornele bobinei și tensiunea la bornele circuitului.
9. Unitatea de măsură în S.I. a impedanței unui circuit de curent alternativ poate fi exprimată în forma V/A.
10. În condiții de rezonanță, intensitatea curentului care străbate un circuit de curent alternativ paralel este maximă.

Probleme

1. O tensiune alternativă descrisă de legea $u = 100\sqrt{2} \sin 100 \cdot \pi \cdot t$ (V) alimentează un circuit alcătuit dintr-un rezistor de rezistență $R = 3\Omega$, o bobină cu reactanța inductivă $X_L = 5\Omega$ și un condensator cu reactanța capacitivă $X_C = 9\Omega$. Se cere:
 - a. Impedanța circuitului;
 - b. Intensitatea curentului din circuit în valoare efectivă;
 - c. Inductanța bobinei;
 - d. Capacitatea condensatorului;
 - e. Puterea activă.
2. O sursă de tensiune alternativă alimentează un circuit serie alcătuit dintr-un rezistor cu rezistența $R = 3\Omega$, bobinele cu reactanțele inductive $X_{L1} = 5\Omega$ și $X_{L2} = 3\Omega$ și un condensator cu reactanța capacitivă $X_C = 4\Omega$. Tensiunea variază în timp după legea $u = 10\sqrt{2} \sin 100\pi t$.
 - a. Realizați diagrama fazorială a circuitului.
 - b. Calculați impedanța circuitului.
 - c. Calculați valoarea efectivă a intensității curentului prin circuit.
 - d. Determinați defazajul între curent și tensiunea aplicată.
 - e. Calculați puterea activă.

3. Un circuit paralel format din rezistența $R = 30\Omega$, un condensator cu capacitatea $C = 300\mu\text{F}$ și o bobină având inductanța $L = 0,08\text{H}$, funcționează la frecvența de 50Hz , fiind conectat la tensiunea $u(t) = 120 \sin \omega t (\text{V})$. Se cere:
- Diagrama fazorială a circuitului;
 - Impedanța circuitului;
 - Intensitatea curentului prin ramura principală;
 - Factorul de putere;
 - Puterea reactivă.

Bibliografie

1. Ionescu-Andrei, R. ș.a., *Fizica. Manual pentru clasa a X-a*, ed. Art, 2008;
2. Mantea, C. Garabet M. , *Fizica. Manual pentru clasa a X-a*, ed. All, 2006;
3. <http://msabau.xhost.ro/?Fizic%E3:Electromagnetism:Autoinduc%Eia>
4. http://msabau.xhost.ro/?Fizic%E3:Electromagnetism:For%Ee_magnetice
5. http://www.ncert.nic.in/html/learning_basket/electricity/electricity/electrostatics/intro_electromagnetic_induction.htm