

## CAPITOLUL II. CURENTUL ELECTRIC STAȚIONAR

### 1. CURENTUL ELECTRIC ÎN CONDUCTORI METALICI. CIRCUITUL ELECTRIC. INTENSITATEA CURENTULUI ELECTRIC

#### Reamintiți-vă:

- Substanța este formată din atomi și molecule;
- Atomii sunt formați din nuclee și electroni;
- Nucleele sunt formate din protoni și neutroni.

Toate substanțele se împart după comportarea lor electrică, în două mari categorii: conductori și izolatori.

#### DEFINIȚIE

Substanțele în interiorul cărora există particule cu sarcină electrică capabile să se deplaseze pe distanțe apreciabile se numesc **conductoare**. Aceste particule se numesc **purători de sarcină**.

De exemplu:

- în metale purătorii de sarcină sunt electronii liberi;
- în soluțiile de săruri de acizi de baze sau sărurile topite purătorii de sarcină sunt ionii liberi pozitivi și negativi,
- în gazele ionizate purătorii de sarcină sunt ionii pozitivi și negativi și electronii,
- în semiconductori purătorii de sarcină sunt electronii (purători negativi de sarcină) și golurile (purători pozitivi de sarcină).

Datorită prezenței în conductori a purătorilor de sarcină liberi orice sarcină electrică în exces, comunicată conductorului, într-un punct al acestuia nu rămâne la locul respectiv ci se repartizează, practic instantaneu, pe toată suprafața acestuia.

#### DEFINIȚIE

Substanțele în interiorul cărora nu există purători de sarcină liberi se numesc **izolatoare (dielectrice)**. Sarcinile electrice din izolatoare sunt legate de atomii sau moleculele la care aparțin. Acestea se numesc **sarcini electrice legate**.

De exemplu sticla, ebonita, chihlimbarul, rășinile, parafina, porțelanul, sulful, uleiurile, apa distilată, cauciucul, materialele plastice, aerul, lemnul (uscat), materialele textile (uscate) sunt dielectrice

#### DEFINIȚIE

Prin **curent electric** se înțelege deplasarea ordonată a purătorilor de sarcină.

#### OBSERVAȚIE

Curentul electric datorat deplasării ordonate a purătorilor de sarcină microscopici (electroni, ioni, goluri) într-un corp macroscopic „fix” se numește **curent de conducție**. Curentul electric obținut prin deplasarea unui corp macroscopic încărcat cu sarcină electrică (electrizat) se numește **curent de convecție**. În cele ce urmează ne vom referi numai la curentul electric de conducție.

*Într-un conductor metalic, electronii liberi se găsesc într-o mișcare continuă și dezordonată. Imaginând o suprafață oarecare în conductor, sarcina electrică netă transportată prin suprafață, într-un interval de timp oarecare este zero, deci în conductor nu există curent electric.*

Pentru a se obține un transport net de sarcină electrică prin suprafață, este necesar să se acționeze cu o forță asupra electronilor. În particular acest lucru este posibil dacă în conductor există un câmp electric, deci la capetele sale există o diferență de potențial.

<https://www.youtube.com/watch?v=u4FpbaMW5sk>

### OBSERVAȚIE

**Sensul curentului electric coincide întotdeauna cu sensul orientării vectorului câmp electric în conductor (sensul curentului electric este același cu sensul deplasării în câmp a purtătorilor de sarcină pozitivi).**

Pentru a produce un câmp electric într-un fir metalic, de exemplu, este necesar să menținem constantă o diferență de potențial la capetele firului. Acest lucru este posibil dacă utilizăm un dispozitiv special denumit *generator electric* sau *sursă de electrică* conectat la capetele firului. Realizăm astfel un *circuit electric*.

<https://www.youtube.com/watch?v=m4jzggZu-4s>

### DEFINIȚIE

Prin **circuit electric** se înțelege un ansamblu format din generatorul electric, conductorii de legătură și unul sau mai mulți receptori (consumatori).

<https://www.youtube.com/watch?v=nzmoGca5rXc>

Receptoarele dintr-un circuit pot fi de exemplu: becurile electrice, rezistoarele electrice, bobine, motoarele electrice, aparatele electrice de încălzit (reșouri, radiatoare, aeroterme). Fiecare element de circuit are un anumit simbol (fig.II. 1). În fig.II. 2a am reprezentat un circuit electric simplu. Prin acest circuit nu circulă curent electric, deoarece este întrerupt. În fig.II. 4b am reprezentat același circuit închis și prin urmare în acest caz circuitul este străbătut de curent electric.

Mărimea fizică ce caracterizează trecerea curentului electric printr-un conductor se numește *intensitatea curentului electric*.

### DEFINIȚIE

**Sarcină electrică,  $Q$ , transportată de purtătorii de sarcină prin secțiunea transversală a conductorului în unitatea de timp se numește *intensitatea curentului electric***

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad (\text{II. 1})$$

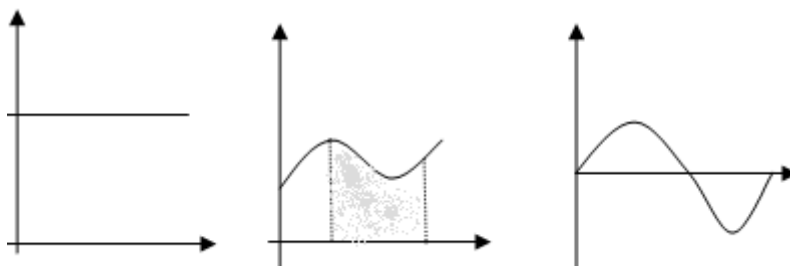
Unitatea de măsură SI pentru intensitatea curentului electric se numește *amper* (A)  
[  $I$  ]<sub>SI</sub> = A.

În practică se mai utilizează și submultipli amperului:

- miliamperul (mA):  $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$ ;
- microamperul ( $\mu\text{A}$ ):  $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ .

În funcție de dependența de timp a intensității curentului deosebim:

- curent continuu - sensul curentului rămâne același, dar intensitatea poate varia
- curent alternativ – atât sensul cât și intensitatea variază



Aria hașurată este egală cu sarcina electrică transportată în intervalul de timp  $[t_1, t_2]$

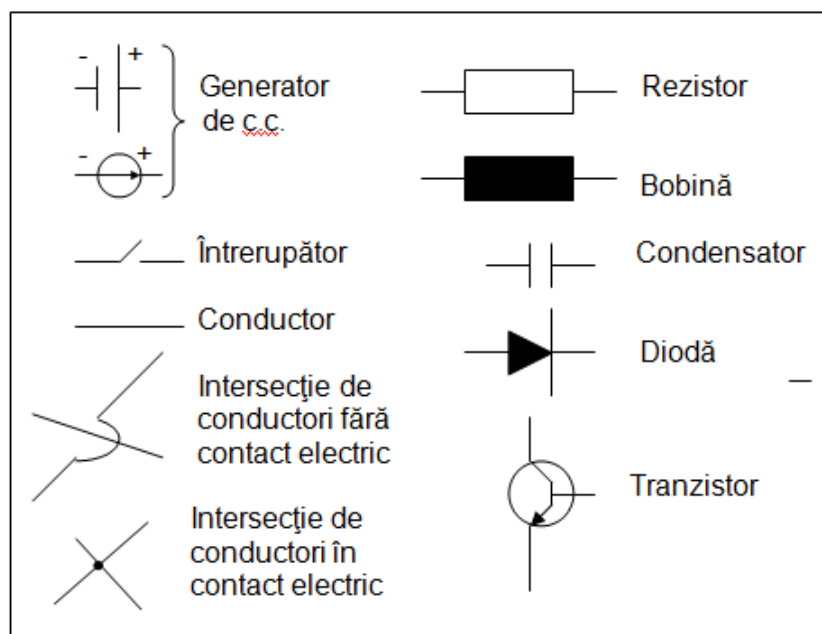


fig.II. 3

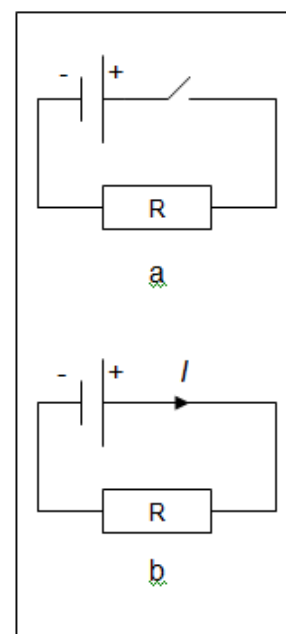
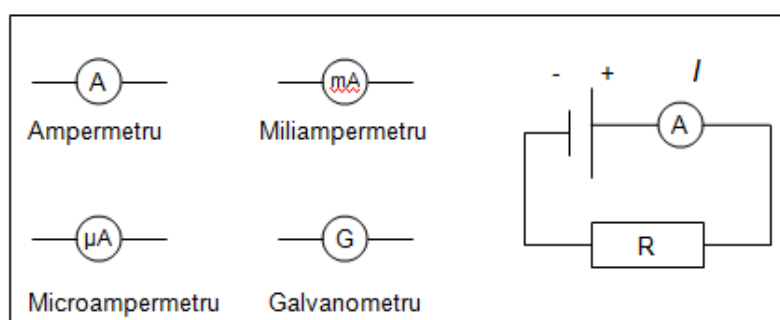


fig.II. 4

Intensitatea curentului electric într-un circuit se determină experimental cu ajutorul ampermetrului (miliampermetrului sau microampermetrului), care se conectează în serie în circuit. Pentru determinarea unor curenți cu intensități foarte mici se utilizează galvanometrul. Simbolic aceste instrumente de măsură sunt reprezentate în fig.II. 3.



Într-un conductor metalic, în care purtătorii de sarcină sunt electronii, intensitatea curentului electric se determină astfel:

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

unde  $N$  reprezintă numărul de electroni ce străbat secțiunea transversală a conductorului în intervalul de timp  $\Delta t$ .

Într-un circuit se produc următoarele efecte la trecerea curentului electric:

- *efectul termic*, ce constă în încălzirea conductoarelor străbătute de curent electric;
- *efectul chimic*, ce constă în depunerea (degajarea) unor substanțe la electrozi în urma trecerii curentului electric printr-un electrolit;
- *efectul magnetic*, ce constă în apariția unui câmp magnetic în jurul unui conductor străbătut de curent.

## 2. TENSIUNEA ELECTROMOTOARE

### Reamintiți-vă:

- Prin curent electric se înțelege deplasarea ordonată a purtătorilor de sarcină;
- Prin circuit electric se înțelege un ansamblu format din generatorul electric, conductorii de legătură și unul sau mai mulți receptori (consumatori);
- Se numește tensiunea electrică sau diferența de potențial dintre două puncte situate în câmp electric mărimea fizică numeric egală cu lucrul mecanic efectuat de forța electrică pentru deplasarea unității de sarcină electrică pozitivă între cele două puncte.

<https://www.youtube.com/watch?v=8Posj4WMo0o>

Așa cum am văzut în lecția precedentă pentru a se obține un curent electric printr-un conductor este necesar să menținem constantă o diferență de potențial la capetele conductorului. Pentru aceasta se utilizează un generator electric.

### Un generator electric transformă o energie oarecare în energie electrică.

După felul de energie transformată în energie electrică distingem următoarele tipuri de generatoare:

- elemente galvanice și acumulatori electrice, care transformă energia chimică în energie electrică;
- dinamuri și alternatoare, care transformă energia mecanică în energie electrică;
- termoelemente, care transformă energia termică în energie electrică;
- fotoelemente, care transformă energia luminoasă în energie electrică.

Punctele de legătură ale conductorului la generatorul  $G$ , se numesc bornele generatorului (fig.II. 4). Borna  $A$  la potențial mai înalt se numește *borna pozitivă*, iar borna  $B$  la potențial mai jos, *borna negativă*. Prin conductorul exterior, curentul trece de la borna pozitivă către cea negativă. Diferența de potențial  $U = V_A - V_B$  dintre potențialele celor două borne reprezintă tensiunea aplicată între extremitățile conductorului, numită și *căderea de potențial* sau *căderea de tensiune* pe acest conductor, pe scurt, *tensiunea la borne*.

[https://www.youtube.com/watch?v=w82aSjLuD\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=w82aSjLuD_8)

În cazul unui circuit închis, străbătut de curent electric continuu, potențialul în fiecare punct al circuitului păstrează o valoare constantă. Aceasta înseamnă că nu poate avea loc o acumulare de sarcini electrice în nici un punct ceea ce conduce la concluzia că purtătorii de sarcină circulă în tot lungul circuitului. Conform definiției:

★ *diferența de potențial*  $U$  la bornele generatorului reprezintă lucrul mecanic efectuat de forțele electrice pentru deplasarea unității de sarcină electrică pozitivă între borne, respectiv energia necesară acestei deplasări,

★ *tensiune electromotoare* a generatorului care reprezintă energia necesară deplasării unității de sarcină electrică pozitivă de-a lungul întregului circuit.

Putem scrie

$$E = U + u$$

(II. 2)

$E$  fiind tensiunea electromotoare (prescurtat t.e.m.),  $U$  tensiunea la borne, iar  $u$  o mărime numită *căderea interioară de tensiune*.

Oricare din mărimile ce intervin în relația (II. 2) se exprimă în volți.

Căderea de tensiune pe o porțiune de circuit se determină experimental cu voltmetrul care se conectează în paralel cu porțiunea respectivă. De exemplu pentru situația pre-

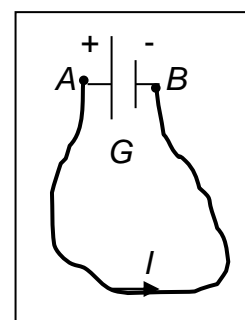


fig.II. 6

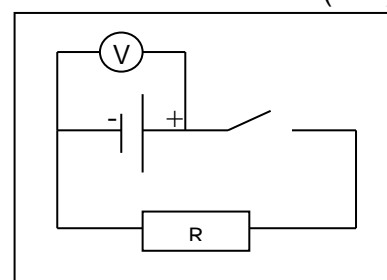


fig.II. 7

zentată în fig.II. 5, cu întrerupătorul închis voltmetrul indică tensiunea la borne,  $U$ , iar cu întrerupătorul deschis voltmetrul indică tensiunea electromotoare,  $E$ .

### 3. LEGEA LUI OHM

Considerăm un circuit simplu format dintr-un rezistor cu rezistența  $R$  legat la bornele unui generator de curent continuu cu t.e.m.  $E$  și rezistența interioară  $r$  (fig.II. 6). Experimental se verifică faptul că intensitatea curentului electric ce trece prin rezistor verifică o relație de forma

$$I = \frac{1}{R} \cdot U \quad (\text{II. 3})$$

unde  $U$  este tensiunea aplicată rezistorului.

Relația (II. 6) exprimă **legea lui Ohm<sup>2</sup>** pentru o porțiune de circuit, care se enunță astfel:

*Intensitatea curentului electric ce se stabilește printr-o porțiune de circuit este direct proporțională cu tensiunea aplicată și invers proporțională cu rezistența electrică a porțiunii respective.*

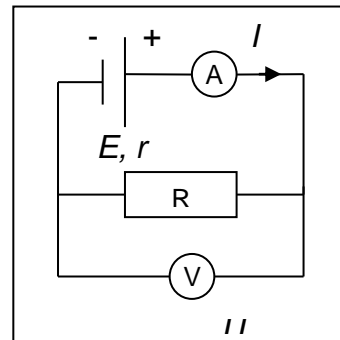


fig.II. 9

[https://www.youtube.com/watch?v=iLzfe\\_HxrWI](https://www.youtube.com/watch?v=iLzfe_HxrWI)

Așa cum am arătat în lecția precedentă  $E = U + u$ . Conform legii lui Ohm pentru o porțiune de circuit putem scrie

- pentru circuitul exterior generatorului  $U = IR$ ;
- pentru circuitul interior generatorului  $u = Ir$ .

Prin urmare

$$E = IR + Ir; E = I(R + r),$$

relație ce poate fi pusă și sub forma

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (\text{II. 4})$$

Relația (II. 7) exprimă **legea lui Ohm** pentru un circuit închis care se enunță astfel  
*Intensitatea curentului electric ce se stabilește printr-un circuit simplu este direct proporțională cu tensiunea electromotoare din circuit și invers proporțională cu rezistența totală a circuitului.*

#### OBSERVAȚIE

Dacă rezistența electrică a circuitului exterior devine zero (fig.II. 7), atunci generatorul se află în *scurtcircuit* și atunci prin circuit va trece un curent electric cu intensitatea

$$I_{sc} = \frac{E}{r}.$$

Întrucât de obicei rezistența interioară a generatoarelor este mică (0-10  $\Omega$ ),  $I_{sc}$  are în general valori mari, ceea ce conduce la deteriorarea generatoarelor. Din acest motiv scurtcircuitarea generatoarelor, prin punerea în legătură a bornelor cu fire conductoare, trebuie evitată.

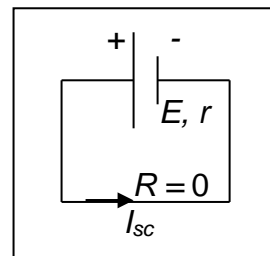


fig.II. 10

<sup>2</sup> OHM, George Simon (1787-1854), fizician german. A fost profesor universitar la München. Contribuții în electricitate, acustică și optică.

#### 4. REZISTENȚA ELECTRICĂ

În metale și în semiconductori mișcarea ordonată a purtătorilor liberi de sarcină este îngreunată de ciocnirile dintre ei și ionii rețelei cristaline. Din acest motiv vom introduce o mărime fizică, numită rezistența electrică care va caracteriza conductorul din punct de vedere la conducției electrice.

Rezistența electrică este o mărime fizică scalară ce caracterizează proprietatea materialelor de a se opune trecerii curentului electric.

<https://www.youtube.com/watch?v=G3H5IKoWPpY>

- Se numește *rezistența electrică* a unui conductor mărimea fizică egală cu raportul dintre tensiunea aplicată la capetele conductorului și intensitatea curentului electric ce se stabilește prin el.

Rezistența electrică depinde de natura și dimensiunile conductorului. Pentru un conductor filiform, omogen și cu secțiune constantă rezistența electrică se determină cu ajutorul relației

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (\text{II. 5})$$

unde  $l$  este lungimea firului,  $S$  aria secțiunii transversale și  $\rho$  rezistivitatea materialului din care este confecționat firul conductor. În SI unitatea de măsură pentru rezistivitate se este ohm-metrul ( $\Omega \cdot m$ ).

Experiența arată că intensitatea curentului electric care străbate un conductor metallic, diferența de potențial aplicată rămânând constantă, scade când temperatura crește. Această scădere a intensității cu temperatura se datorează rezistivității metalului. Variația rezistivității unui metal în funcție de temperatură este descrisă de următoarea relație

$$\rho(\theta) = \rho_0(1 + \alpha\theta), \quad (\text{II. 6})$$

unde  $\rho(\theta)$  este rezistivitatea metalului la temperatura  $\theta$ ,  $\rho_0$  este rezistivitatea metalului la  $0^\circ \text{C}$ , iar  $\alpha$  este *coeficientul termic de rezistivitate*, o mărime caracteristică fiecărui metal.

#### 5. GRUPAREA REZISTORILOR

**În această lecție veți învăța:**

- să **reprezentați** grupări serie și paralel de rezistoare;
- să **deduceți** expresia rezistenței echivalente pentru conexiunea serie și paralel;
- să **calculați** valoarea rezistenței echivalente pentru grupări date de rezistoare legate în serie sau paralel.

**Reamintiți-vă:**

- Intensitatea curentului electric ce se stabilește printr-o porțiune de circuit este direct proporțională cu tensiunea aplicată și invers proporțională cu rezistența electrică a porțiunii respective;
- În regim staționar suma algebrică a intensităților curenților din conductoarele legate la un nod al rețelei este nulă.

Elementele de circuit caracterizate complet prin rezistența lor electrică se numesc *rezistori*. Există situații în care nu dispunem de rezistori cu rezistența necesară pentru a-i utiliza direct într-un anumit circuit electric. Atunci se pot grupa rezistorii astfel încât rezistența electrică a grupării să aibă valoarea căutată. De obicei rezistorii se grupează în serie sau în paralel.

**GRUPAREA ÎN SERIE.** Pentru a forma o grupare de rezistori în serie conectăm o bornă a rezistorului 1 cu o bornă a rezistorului 2, cealaltă bornă a rezistorului 2 cu o bornă a rezistorului 3 etc. Intensitatea curentului are aceeași valoare prin toți rezistorii. Considerând trei rezistori de rezistențe electrice  $R_1$ ,  $R_2$  și  $R_3$  grupați în serie la bornele  $A$  și  $B$  ale unei baterii de curent continuu (fig.II. 8a), atunci tensiunea la bornele grupării  $U = V_A - V_B$  este egală cu suma tensiunilor la bornele fiecărui rezistor

$$U = U_1 + U_2 + U_3, U = IR_1 + IR_2 + IR_3.$$

Dacă între  $A$  și  $B$  se leagă un singur rezistor (fig.II. 13b) rezistența lui va fi echivalentă cu cea a grupării de rezistori dacă prin el trece un curent cu aceeași intensitate  $I$  ca și prin grupare, deci

$$U = IR_{es}.$$

Prin urmare,

$$IR_{es} = IR_1 + IR_2 + IR_3.$$

Pentru cazul a  $N$  rezistori grupați în serie, rezistența electrică echivalentă se determină astfel:

$$R_{es} = R_1 + R_2 + \dots + R_N \quad (\text{II. 7})$$

**GRUPAREA ÎN PARALEL.** Pentru a forma o grupare de rezistori în paralel, conectăm împreună, într-un punct  $A$ , câte o bornă a fiecărui rezistor și într-un alt punct  $B$  conectăm împreună celelalte borne. Considerând trei rezistori de rezistențe electrice  $R_1$ ,  $R_2$  și  $R_3$  grupați în paralel la bornele  $A$  și  $B$  ale unei baterii de curent continuu (fig.II. 9a), între bornele tuturor rezistorilor există aceeași diferență de potențial  $U = V_A - V_B$ . Prin rezistori vor trece curenți electrici de intensități diferite, în funcție de rezistențele electrice pe care le au

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, I_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Conform legii I a lui Kirchhoff, curentul electric total va fi

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Dacă între  $A$  și  $B$  se leagă un singur rezistor rezistența lui va fi echivalentă cu cea a grupării de rezistori dacă prin el trece un curent electric cu aceeași intensitate  $I$ , deci

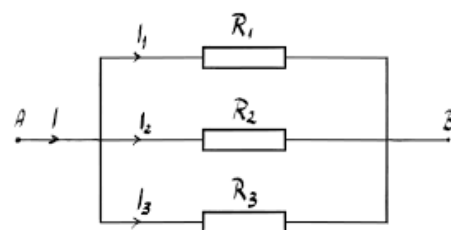
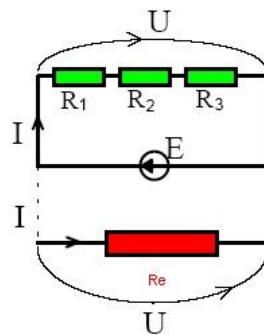
$$I = \frac{U}{R_{ep}}.$$

Prin urmare,

$$\frac{U}{R_{ep}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}, \quad \frac{1}{R_{ep}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Pentru cazul a  $N$  rezistori grupați în paralel, rezistența electrică echivalentă se determină astfel:

$$\frac{1}{R_{ep}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (\text{I. 1})$$





## 6. LEGILE LUI KIRCHHOFF

### În această lecție veți învăța:

- să identificați situații practice în care se aplică legile lui Kirchhoff;
- să enunțați legile lui Kirchhoff.

Legile lui Kirchhoff<sup>3</sup> se referă la *circuite ramificate* sau *rețele electrice*. Elementele caracteristice ale unei rețele sunt :

- *nodurile*, punctele din rețea unde sunt legate cel puțin trei conductoare;
- *ramurile* sau *laturile*, porțiunile din rețea cuprinse între două noduri;
- *ochiurile*, poligoanele închise ale căror vârfuri sunt în noduri.

De exemplu pentru rețeaua din fig.II. 10, punctele A și B sunt noduri, porțiunile AaB, AbB și AcB sunt ramuri, iar poligoanele închise AaBbA, AbBcA, AaBcA sunt ochiuri.

Intensitățile curenților electrici ce străbat diferitele laturi ale unei rețele se determină utilizând legile lui Kirchhoff.

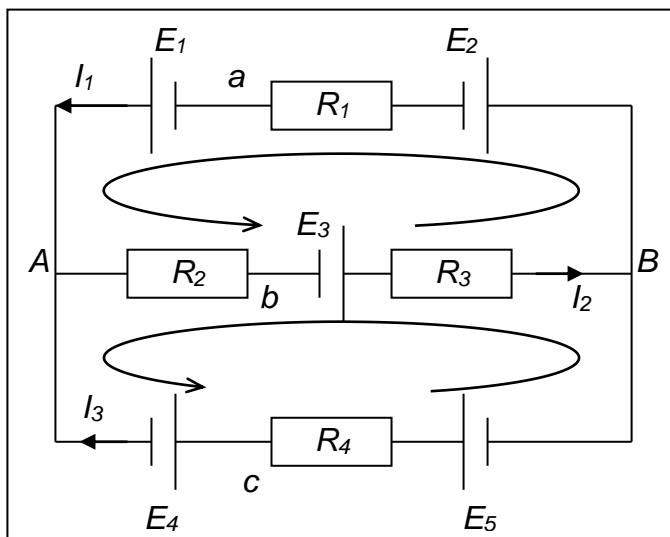


fig.II. 11

### Legea I (pentru un nod de rețea):

*Considerând, convențional, pozitive intensitățile curenților care pătrund într-un nod de rețea și negative intensitățile curenților care părăsesc nodul, în regim staționar suma algebrică a intensităților curenților din conductoarele legate la un nod al rețelei este nulă.*

Legea I a lui Kirchhoff este o consecință a legii conservării sarcinii electrice. Dacă ne imaginăm nodul N din fig.II. 11 în interiorul unei suprafețe închise S, pentru ca sarcina electrică să rămână constantă în interiorul ei este necesar ca sarcina electrică ce intră în S în intervalul de timp  $\Delta t$  să fie egală cu sarcina ce iese din interiorul suprafeței în același interval de timp. În nodul N intră sarcina datorită curenților electrici prin ramurile 1 și 4 și iese prin ramurile 2 și 3. Prin urmare

$$Q_1 + Q_4 = Q_2 + Q_3,$$

De unde prin împărțire la intervalul de timp  $\Delta t$ , obținem

$$\frac{Q_1}{\Delta t} + \frac{Q_4}{\Delta t} = \frac{Q_2}{\Delta t} + \frac{Q_3}{\Delta t} \text{ sau } I_1 + I_4 = I_2 + I_3$$

și în final  $I_1 + I_4 - I_2 - I_3 = 0$ ,

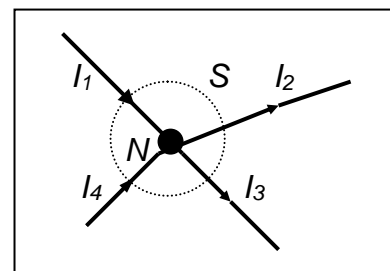


fig.II. 12

<sup>3</sup> KIRCHHOFF, Gustav Robert (1824-1887), fizician german. A fost prof. univ. la Breslau și Heidelberg. A pus bazele analizei spectrale. A descoperit (1861) elementele cesiu și rubidiu. Studiind radiația termică a corpului negru, a formulat una dintre legile acestei radiații.



adică suma algebrică a intensităților curenților electrici din conductoarele legate la nodul  $N$  este zero.

**Legea a II-a (pentru un ochi de rețea):**

*În regim staționar suma algebrică a căderilor de tensiune în lungul unei laturi a unui ochi de rețea este egală cu suma algebrică a tensiunilor electromotoare din acea latură.*

În aplicațiile concrete se procedează astfel:

- pentru fiecare ochi de rețea se alege un sens pozitiv de parcurgere a laturilor ochiului;
- intensitățile curenților care au același sens ca sensul de parcurgere ales, sunt considerate pozitive, iar cele de sens contrar sunt considerate negative;
- căderea de tensiune în lungul unei laturi este pozitivă dacă intensitatea curențului care străbate acea latură este pozitivă și este negativă dacă intensitatea curențului e negativă;
- se consideră pozitive acele tensiuni electromotoare care, dacă ar fi singure în circuit, ar produce curent în sensul ales ca pozitiv (dacă sunt parcurse de la borna negativă la borna pozitivă în sensul pozitiv ales).

De exemplu pentru rețeaua din (fig.II. 11) legea I a lui Kirchhoff pentru nodul  $A$  se scrie

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0.$$

Legea a II-a a lui Kirchhoff pentru ochiul  $AaBbA$  se scrie

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_1 - E_2 + E_3,$$

iar pentru ochiul  $AbBcA$

$$- R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_4 I_4 = - E_3 + E_4 - E_5.$$

Din cele trei ecuații scrise mai sus putem determina intensitățile curenților prin fiecare ramură a rețelei.

**OBSERVAȚIE**

Scriind legile lui Kirchhoff pentru toate nodurile și toate ochiurile unei rețele cu  $N$  noduri se obține un sistem de ecuații dintre care numai  $N - 1$  ecuații sunt independente. Dacă rezolvând sistemul de ecuații se obțin valori negative pentru unele dintre intensități, curentul pentru care valoarea este negativă are sensul contrar celui atribuit arbitrar. În cazul circuitelor complicate, de exemplu în cazul rețelelor electrice de distribuție a energiei electrice, utilizarea directă a legilor lui Kirchhoff este foarte greoaie. În aceste cazuri se folosesc metode practice mai expeditiv, bazate fie tot pe legile lui Kirchhoff, fie pe „modelarea” rețelei adică pe construirea unor rețele mai simple care să reprezinte cât mai corect fenomenele care au loc în rețeaua studiată.

## 7. ENERGIA ȘI PUTEREA CURENTULUI CONTINUU

### Reamintiți-vă:

- curentul electric reprezintă un transport de sarcină electrică dintr-un punct în altul al unui conductor;
- transportul sarcinii electrice este efectuat de forța câmpului electric instalat în conductor;

Pentru transportul sarcinii electrice dintr-un punct în altul se efectuează lucru mecanic, deci se cheltuiește energie. Această energie provine de la generator, care transformă diferite forme de energie în energie electrică.

*Ce se întâmplă cu energia pe care generatorul o transferă sarcinilor electrice?*

- *efectul termic*, ce constă în încălzirea conductoarelor străbătute de curent electric, deoarece o parte din energia electrică furnizată de generator se transformă în energie termică;
- *efectul chimic*, ce constă în depunerea (degajarea) unor substanțe la electrozi în urma trecerii curentului electric printr-un electrolit, deoarece o parte din energia electrică furnizată de generator se transformă în energie chimică;
- *efectul magnetic*, ce constă în apariția unui câmp magnetic în jurul unui conductor străbătut de curent.

Energia electrică furnizată de generator:

$$W = E \cdot q = E \cdot I \cdot t$$

Energia preluată de consumator:

$$W = U \cdot I \cdot t + u \cdot I \cdot t$$

Unde:  $U \cdot I \cdot t$  reprezintă energia preluată de consumatorul extern având rezistența  $R$ ;

$u \cdot I \cdot t$  reprezintă energia preluată de circuitul intern al sursei, având rezistența  $r$ ; *această energie nu poate fi utilizată*;

Legea lui Joule<sup>4</sup> descrie cantitativ efectul termic al curentului electric. Considerăm un circuit simplu format dintr-un conductor de rezistență  $R$ , conectat la o sursă de curent continuu cu t.e.m.  $E$ . Tensiunea la bornele sursei este  $U$ . Conform definiției diferenței de potențial între două puncte, energia necesară transportului unei cantități de sarcină electrică  $q$  între extremitățile conductorului va fi

$$W = qU.$$

Dacă prin conductor trece curentul electric cu intensitatea  $I$ , în intervalul de timp  $t$ , atunci, ținând seama de definiția intensității curentului electric,  $q = It$  și atunci obținem

$$W = UIt, \quad (\text{II. 8})$$

relație care ținând seama de legea lui Ohm, se mai scrie

$$W = RI^2t, \quad W = \frac{U^2}{R}t \quad (\text{II. 9})$$

La trecerea curentului electric prin conductor acesta se încălzește, ca urmare a transformării energiei electrice în căldură. Fenomenul este cunoscut de efectul termic al curentului electric (efect Joule), iar cantitatea de căldură degajată este dată de relația (II. 9) sau (II. 10) care reprezintă expresia matematică a **legii lui Joule**:

Cantitatea de căldură degajată de un conductor, în care s-a transformat integral energia electrică, este proporțională cu rezistența electrică a porțiunii de circuit, cu pătratul intensității curentului care o parcurge și cu timpul cât acesta o străbate

$$Q = RI^2t.$$

---

<sup>4</sup> JOULE, James Prescott (1818-1889), fizician englez.

Relația  $P = \frac{W}{t}$ , definește puterea electrică. Puterea disipată prin efect Joule, de către un rezistor parcurs de curent continuu, are deci expresia

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}. \quad (\text{II. 10})$$