

Surse de tensiune și surse de curent

Lucrul (L) efectuat în interiorul sursei electrice de către forțele din exterior pentru separarea sarcinilor electrice și deplasarea acestora prin circuit se numește tensiune electromotoare - t.e.m., (simbol - E), care se măsoară în Volți (V):

$$E = \frac{L}{q} \quad (2.12)$$

Așa dar 1V este t.e.m. necesară pentru deplasarea în interiorul sursei a unei sarcini de 1C, fapt pentru care, forțele din exterior realizează un lucru de 1J (Joule):

$$1V = \frac{1J}{1C}$$

T.e.m. este orientată în interiorul sursei de la polul (-) spre polul (+) al sursei, deci sensul ei coincide cu direcția curentului în sursă (vezi figura 1).

Sursa transformă lucrul forțelor din exterior în energie electrică. Așa dar din relația (2.12) rezultă că energia electrică a sursei (WS) va fi:

$$WS = L = Eq$$

Pe de altă parte $I = \frac{q}{t}$ atunci $q = It$, înlocuind obținem:
 $WS = L = Eq = EIt$

Energia electrică debitată de sursă (WS) este egală cu produsul dintre t.e.m. a sursei, curentul debitat de aceasta și timpul de lucru a sursei.

Pentru un circuit electric simplu (figura 1), format dintr-o sursă cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r, care alimentează un consumator electric R, se poate scrie:

$$E = U + u$$

Aplicând legea lui Ohm pe fiecare porțiune de circuit din figura 1: $U=RI$ și $u=rl$ și după înlocuiri se obține:

$$E = I(R+r)$$

Din relația se obține formula matematică a legii lui Ohm pe întregul circuit:

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

Legea lui Ohm pe întregul circuit: Intensitatea curentului electric, printr-un circuit electric închis, este direct proporțională cu tensiunea electromotoare E a sursei și invers proporțională cu rezistența electrică a circuitului plus rezistența internă a sursei.

Tensiunea la bornele sursei, într-un circuit închis, este egală cu diferența dintre t.e.m. a sursei și căderea de tensiune pe rezistența internă a acesteia:

$$U = E - RI$$

Pentru un circuit deschis (întrerupt) curentul electric este nul, deci:

$$U = E$$

Pentru scurtcircuit rezistența consumatorului devine nulă, iar curentul este maxim:

$I_{sc} = E/r = \max$. Curentul de scurtcircuit este curentul maxim pe care îl poate furniza o sursă electrică.

Energia debitată de sursă într-o unitate de timp se numește puterea sursei (PS):

$$PS = \frac{W_s}{t} = \frac{EIt}{t} = EI$$

Unitatea de măsură a puterii este Watt-ul (simbol - W):

Înmulțind ambele părți ale ecuației la curentul I obținem:

$$EI = UI + U_{int} I; \quad \text{sau} \quad PS = P + P_{int}$$

Prin aplicarea legii lui Ohm avem că puterea consumată de circuit (consumator) este:

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

Pierderea de putere pe rezistența internă a sursei este:

$$P_{int} = U_{int} I = I^2 r = \frac{U_{int}^2}{r}$$

Bilanțul de puteri într-un circuit închis stabilește că puterea debitată de sursă este egală cu suma puterii consumate de circuit și pierderile de putere pe rezistența internă a sursei.

Raportul dintre puterea consumată de circuit și puterea debitată de sursă se numește randamentul sursei (η):

$$\eta = \frac{P}{P_s}$$

Cum se calculează energia electrică consumată de un dispozitiv electric sau electronic?

Energia și puterea electrică sunt două mărimi care nu pot fi separate. Energia furnizată de o sursă electrică într-o unitate de timp se numește putere electrică.

Unitatea de măsură pentru energie, standardizată la nivel internațional este Joule (J). Dacă vorbim de energia electrică (W), unitatea de măsură utilizată este W·h (Watt×oră). Un Watt reprezintă consumul unui Joule pe secundă.

$$[J] = [W \cdot s]; \quad W = P \cdot t = [W \cdot h] \quad \text{unde: } W\text{--Energia (Wh); } P\text{--Puterea (W); } t\text{--timpul (h)}.$$

Unitatea de măsură a energiei electrice (W) pentru consumatorii casnici este kilowatt×ora (kWh). Cum 1kW = 1000W și 1h = 3600secunde, rezultă că $W = 1000W \times 1h = 1000W \times 3600\text{secunde} = 3600000 \text{ Jouli (J)}$

Energia electrică are o serie de avantaje: poate fi transformată în alte forme de energie, poate fi produsă relativ ieftin în comparație cu alte forme de energie și poate fi transportată pe distanțe mari.

Dezavantajul cel mai mare pe care îl prezintă această formă de energie este acela, că nu poate fi stocată și deci dacă nu este consumată în momentul producerii, aceasta se pierde.

Formule ale energiei (W) și puterii (P):

$$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

Dacă aplicăm legea lui Ohm, care spune că intensitatea curentului electric care circulă printr-un circuit este direct proporțională cu tensiunea aplicată aceluși circuit și invers proporțională cu rezistența aceluși circuit și înlocuim în formula energiei (W), avem următoarele formule rezultate:

$$I = U/R \rightarrow W = U \cdot I \cdot t = U \cdot (U/R) \cdot t = (U^2/R) \cdot t$$

$$U = I \cdot R \rightarrow W = U \cdot I \cdot t = I \cdot R \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

$P = U \cdot I = U \cdot U/R = U^2/R \rightarrow$ din această formulă deducem că la tensiune constantă, puterea unui consumator, este atât mai mare cu cât rezistența sa este mai mică.

Randamentul electric. Din formula energiei (W), puterea curentului electric (P) are următoarea formulă:

$$W = P \cdot t \rightarrow P = W/t$$

Un generator electric este caracterizat de o tensiune electromotoare (E), dar și de o rezistență electrică internă (r).

Puterea pe care o furnizează generatorul electric, către un circuit exterior este astfel influențată și de rezistența internă (r) cât și de rezistența externă (R). Ținând cont de formula puterii avem:

$$P_{generator} = I^2(R+r); \quad P_{externă} = I^2 R; \quad P_{internă} = I^2 r$$

Randamentul unui generator se referă la puterea utilă furnizată consumatorului extern și reprezintă raportul dintre puterea externă și puterea totală dezvoltată de generator:

$$\eta = P_{\text{ext}}/P_{\text{gen}} \rightarrow \eta = R/(R+r)$$

Această relație arată că randamentul are o valoare subunitară care depinde de valoarea rezistențelor din circuit (internă și externă). Condiția ca un generator să aibă un transfer optim de putere, este ca cele două rezistențe (rezistența internă și rezistența circuitului exterior) să fie egale ($R = r$).

Efectul termic - efectul Joule-Lenz este reprezentat de disiparea căldurii într-un conductor traversat de un curent electric. Legea este exprimată astfel:

Cantitatea de căldură disipată într-un conductor traversat de un curent electric este proporțională cu pătratul curentului, rezistența acestuia și timp.

$$Q = I^2 R t$$

Unde: Q – este căldura degajată, $[Q] = J$ (Joule)

I – este intensitatea curentului electric $[I] = A$ (Amper)

R – este rezistența electrică $[R] = \Omega$ (Ohm)

t – este timpul $[t] = s$ (secunde).

Efectul termic se datorează interacțiunii sarcinilor electrice (de regulă - electronii) cu atomii conductorului, interacțiuni prin care primele le cedează ultimilor din energia lor cinetică, contribuind la mărirea agitației termice în masa conductorului.

Surse de tensiune și surse de curent

O sursă de energie electrică este un convertor (dispozitiv sau mașină electrică) ce poate transforma altă formă de energie (chimică, mecanică, termică, solară, potențială, cinetică) în energie electrică.

Exemple de surse de energie electrică:

Pila electrică sau bateria - convertește energia chimică în energie electrică.

Panoul fotovoltaic - convertește energia solară în energie electrică.

Generatorul electric - convertește energia mecanică sau în energie electrică.

Sursele de tensiune sunt acele dispozitive care generează tensiunile electrice constante $U = \text{const}$. Bateriile sunt adesea reprezentate ca surse constante de tensiune.

O sursă ideală de tensiune este are capacitatea de a impune o diferență constantă de potențial între bornele sale, indiferent de curentul ce o străbate (vezi figura 2 b).

Ecuția ce caracterizează o sursă ideală de tensiune este:

$$U = E = \text{const}$$

Unde: E - este tensiunea electromotoare a sursei.

Sursele de tensiune reale se comportă diferit de cele ideale, astfel încât tensiunea la bornele lor are valoare maximă în gol (curentul debitat este zero) și scade odată cu creșterea curentului furnizat de sursă. De cele mai multe ori dependența tensiunii de curent este liniară fiind dată de relația:

$$U = E - rI$$

Unde: E - este tensiunea la bornele sursei în gol (la circuit deschis), iar r - este rezistența internă a sursei.

O sursă de tensiune reală poate fi modelată ca o sursă de tensiune ideală înseriată cu rezistența sa internă r_0 (vezi figura 2 a).

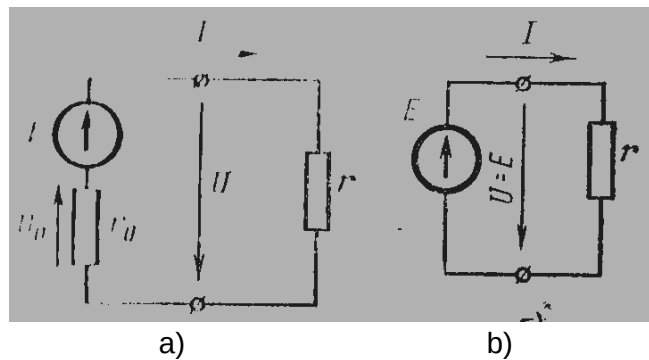


Figura 2– Schema echivalentă a sursei de tensiune:

a) sursă reală; b) sursă ideală

Când se conectează o sursă de tensiune cu un alt element pasiv, se stabilește un circuit prin care circulă curentul I . Curentul pe care îl furnizează sursa, depinde de elementele pe care le alimentează:

- o sursă de tensiune poate fi lăsată în circuit deschis, respectiv fără nici o conexiune la bornele sale. În acest caz, curentul I pe care îl furnizează este nul și în consecință, și puterea $P = UI$ - pe care o furnizează este zero;
- terminalele unei surse ideale de tensiune nu pot fi scurtcircuitate, deoarece, această situație corespunde anulării tensiunii generatorului; în timp ce o sursă de tensiune înseamnă $U = E$, un scurtcircuit înseamnă $U = 0$;
- două surse de tensiune pot fi legate în paralel, doar dacă tensiunile electro-motoare ale acestora sunt egale $E_1 = E_2$.

Sursele de curent produc curenți constanți. Când se conectează o sursă de curent cu un alt element pasiv, se stabilește un circuit prin care circulă curentul $I = \text{const}$ (figura 3). O sursă ideală de curent debitează un curent cu intensitatea independentă de tensiunea la bornele sale.

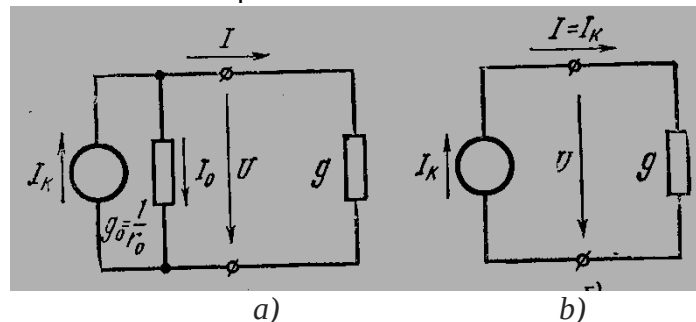


Figura 3 – Schema echivalentă a sursei de curent:

a) sursă reală; b) sursă ideală

Diferența de potențial U între bornele sale, depinde de elementul pe care îl alimentează sursa:

- două surse de curent se pot conecta în serie dacă au aceeași valoare a curentului furnizat $I_1 = I_2$;
- în cazul unei surse de curent, terminalele sale pot fi legate între ele. În acest caz, tensiunea între terminalele sale fiind nulă, rezultă că și puterea pe care o debitează este și ea nulă;
- o sursă de curent nu poate fi lăsată niciodată în circuit deschis, deoarece aceasta ar corespunde anulării curentului pe care îl furnizează; întotdeauna trebuie să existe un circuit prin care să circule curentul; deoarece o sursă de curent impune $I(t) = \text{const}$, un circuit deschis impune $I = 0$;

Legarea surselor în serie. Legarea surselor în serie se realizează în același sens, așa cum este arătat în figura 4. Notând cu $E_1, E_2 \dots E_n$ - t.e.m., cu $r_1, r_2, \dots r_n$ - rezistențele lor interne, și cu I - curentul debitat de acestea, aplicând teorema a II Kirchhoff rezultă tensiunea între bornele AB:

$$U_{AB} = E - RI = E_1 + E_2 + \dots + E_n - I(r_1 + r_2 + \dots + r_n).$$

Înlocuim grupul de n surse în serie cu o singură sursă echivalentă, având t.e.m. - E_e și rezistența interioară echivalentă - r_e , astfel că la debitarea aceluiasi curent I , să se păstreze aceeași tensiune la borne - U_{AB} . În acest caz tensiunea la bornele sursei echivalente va fi:

$$U_{AB} = E_e - I r_e; \text{ unde: } E_e = E_1 + E_2 + \dots + E_n; \text{ și } r_e = r_1 + r_2 + \dots + r_n$$

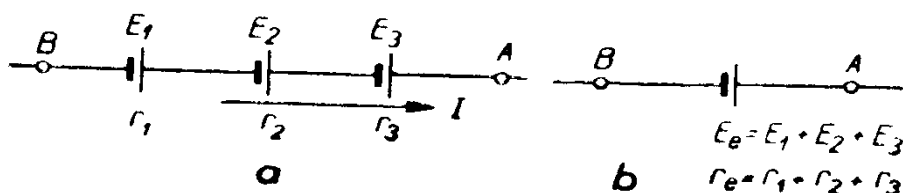


Figura 4 – Legarea surselor în serie:
a) schema de conectare; b) schema transfigurată

Sursele legate în serie pot fi înlocuite cu o singură sursă echivalentă cu t.e.m. egală cu suma t.e.m. ale surselor conectate și cu rezistența internă egală cu suma rezistențelor interne ale surselor.

Observație: În cazul surselor identice, cu $E = E_1 = E_2 = \dots = E_n$ și $r = r_1 = r_2 = \dots = r_n$, t.e.m. a bateriei surselor legate în serie va fi $E_e = nE$ și rezistența internă a bateriei va fi:

$$r_e = nr.$$

Legarea în serie a surselor se utilizează pentru a mări t.e.m. a bateriei de n ori, dar prin aceasta crește și rezistența internă a bateriei de n ori.

Legarea surselor în paralel. La formarea unei baterii din surse electrice se utilizează surse identice cu t.e.m. egale $E = E_1 = E_2 = \dots = E_m$ și rezistențe interne egale $r = r_1 = r_2 = \dots = r_m$, conectate în m laturi paralele la două borne comune A și B (figura 5).

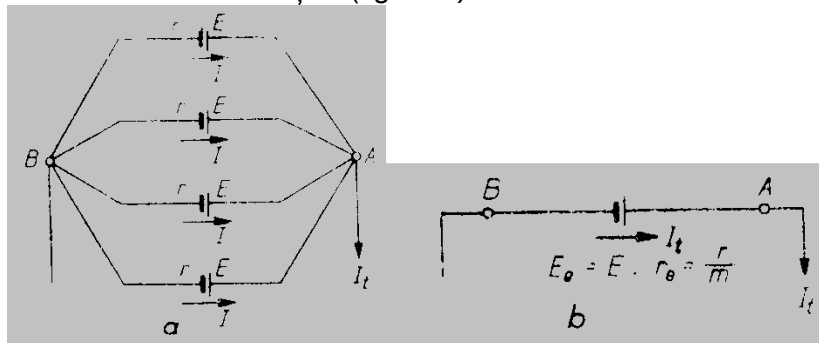


Figura 5 – Legarea surselor paralel:
a) schema de conectare; b) schema transfigurată

Dacă fiecare sursă debitează curentul I_0 , atunci curentul total I debitat de baterie va fi $I = mI_0$;

rezistența internă a bateriei va fi $r_e = \frac{r}{m}$; t.e.m. echivalentă a bateriei va fi egală cu t.e.m. a surselor $E_e = E$; tensiunea la bornele AB ale bateriei va fi:

$$U_{AB} = E - I r_e = E - I \frac{r}{m}$$

Legarea în paralel nu modifică t.e.m. echivalentă, dar micșorează rezistența internă a bateriei de " m " ori.

Legarea în paralel se folosește pentru a mări curentul total debitat de baterie de m ori și tot odată pentru micșorarea rezistenței interne a bateriei de m ori.

Legarea mixtă a surselor. La legarea mixtă sursele identice cu t.e.m. $E = E_1 = E_2 = \dots = E_n$ sunt conectate în m laturi paralele a câte n surse conectate în serie în fiecare latură (vezi figura 6).

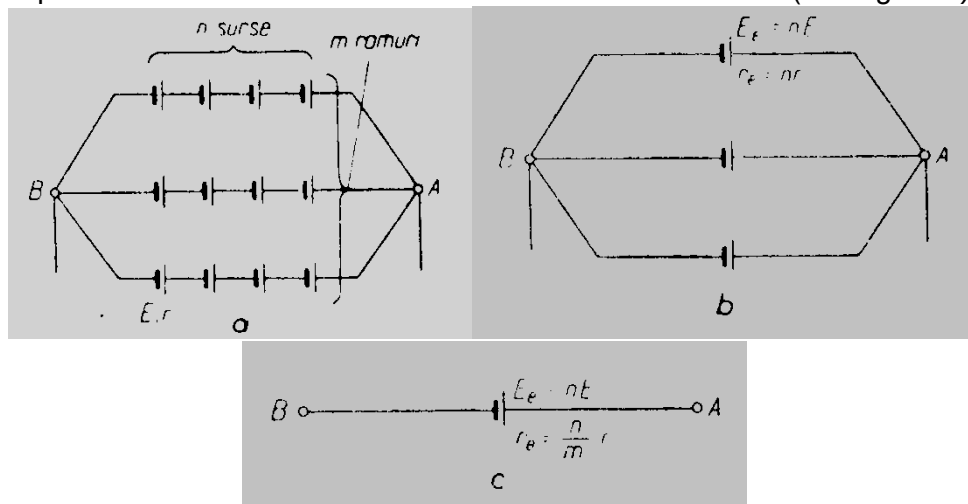


Figura 5 – Legarea mixtă a surselor:
a) schema de conectare; b) și c) scheme transfigurate

T.e.m. echivalentă a celor n surse în serie din laturi va fi $E_B = nE$, iar rezistența internă echivalentă a acestora va fi $r_e = nr$. Ținând cont de faptul, că bateria conține m asemenea laturi rezultă:

- t.e.m. a bateriei va fi $E_B = nE$, aceasta este egală cu produsul t.e.m. a celor n surse serie din laturi;

- rezistența internă ecivalentă a bateriei va fi:

$$r_B = \frac{n}{m} r$$

Legarea mixtă se folosește pentru a obține simultan baterii cu t.e.m. și curenți mari.