

SIMULAREA PHET ȘI CALCULAREA CIRCUITELOR ELECTRICE

Alic ENACHE, profesor de fizică, grad didactic unu

L.T. „Ion Suruceanu”, s. Suruceni, r-nul Ialoveni

Introducere

Una dintre cele mai mari provocări pentru cadrul didactic în prezent este posibilitatea asimilării tehnicilor, instrumentelor și conținutului de aplicații, softuri, simulări etc. existent. Fiind complementare materialului didactic recomandat de reperele metodologice privind organizarea procesului educațional la disciplina fizică au scopul ridicării asimilării de către elevi a termenilor științifici, formării mai rapide și corecte a competențelor specifice disciplinei fizică și nu numai. Unul din instrumentele ușor asimilabile sunt, consider, simulările, accesibile, fără cerințe speciale pentru descărcare și funcționare offline de pe practic orice dispozitiv. În acest caz este vizibil doar rezultatul, invizibile fiind calculele necesare pentru obținerea rezultatelor prezentate în simulări. Utilizarea acestora nu permite formarea la elevi deprinderile de calculare sau memorizare a relațiilor matematice necesare descrierii evenimentului din simulare. Despre utilizarea simulărilor la orele de fizică și anume la studierea circuitelor electrice am discutat și la ultima formare pentru profesorii de fizică din vara anului curent, realizată de UST, și desigur care a avut loc cu regret online. A fost abordat subiectul privitor la studiul și calculul circuitelor electrice cu ajutorului simulărilor însă din păcate nu s-a reușit, din lipsa timpului, propunerea algoritmului și relațiilor matematice de rezolvare a acestora, ceea ce voi încerca să realizez în cele ce urmează.

Metodologia cercetării:

Voi descrie în continuare o situație semnificativă discutată și la cursuri, care va fi verificată cu ajutorul simulării PHET. Construcție Circuite Electrice: Curent Continuu - Laborator Virtual [1] și totodată voi indica relațiile matematice generale cu aplicarea acestora în acest caz. În Fig.1 este reprezentată schema unui circuit electric. Se propune determinarea curenților pe ramuri în cazul în care comutatorul este deschis, discutată în timpul formării, și a doua în care acesta este închis.

Problemă:

Se propune circuitul al cărei schemă este reprezentat în figura de mai jos (Fig.1), în care $R_1 = 4\Omega$; $R_2 = 1\Omega$; $R_3 = 3\Omega$; $R_4 = 2\Omega$; $R_5 = 2\Omega$. Se cere determinarea intensităților curenților prin laturile circuitului, dacă T.E.M a sursei este de 47 V iar rezistența internă a acesteia este de 1Ω .

Pentru a descrie modul de rezolvare a situațiilor date voi utiliza termenii:

Nod – punctul (locul) în care sunt legate trei sau mai multe conductoare; Ramură sau latură a rețelei – porțiune de circuit ce unește două noduri; Ochi de rețea – contur închis format din ramuri ale rețelei.

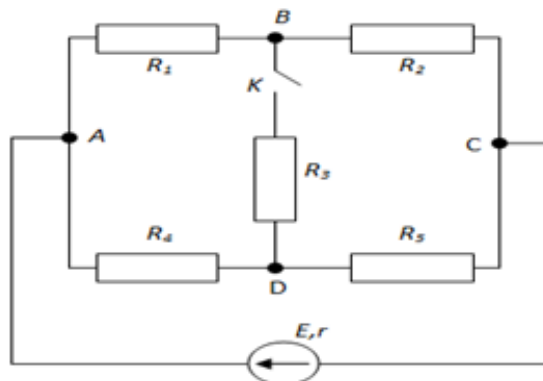


Fig.1. Schema electrică a circuitului descris în problemă

În cazul comutatorului deschis situația poate fi descrisă având o conexiune mixtă, cu două noduri A și C. Rezistorul 1 și 2 sunt conectați în serie pe ramura superioară iar rezistorul 4 și 5 în serie pe ramura inferioară, conexiune paralelă a consumatorilor de pe ramura superioară cu cei de pe ramura inferioară. Prin rezistorul (consumatorul) 3, în acest caz, nu avem nici un curent, consumatorul nu funcționează de parcă nici nu ar exista în circuit. Rezolvarea problemei date se realizează prin metoda substituției pentru determinarea rezistenței echivalente a circuitului și legilor lui Ohm descrise în timpul formării.

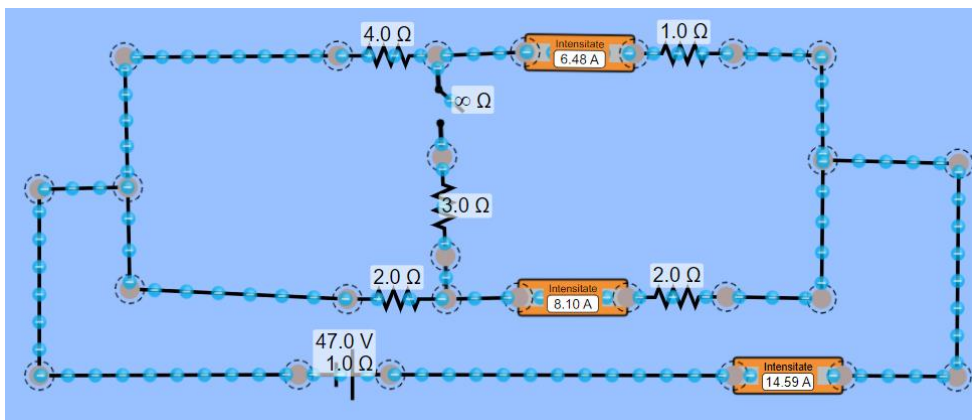


Fig. 2. Simulare cu întrerupătorul deschis

Astfel obținem: $R_{12} = R_1 + R_2 = 5\Omega$ (conexiune serie) – rezistența echivalentă pe ramura de sus; $R_{45} = R_4 + R_5 = 4\Omega$ (conexiune serie) – rezistența echivalentă pe ramura de jos; $R = \frac{R_{12} \cdot R_{45}}{R_{12} + R_{45}} = \frac{20}{9}\Omega$ – rezistența pe circuitul exterior; $R_{total} = \frac{29}{9}\Omega$ – rezistența pe circuitul întreg (luând în considerație și rezistența interioară a sursei de curent). Din legea lui Ohm pentru un circuit întreg avem: $I = \frac{E}{R+r} = 14,59A$; Luând în considerație faptul că tensiunea pe ambele ramuri este aceeași (avem o conexiune paralelă a rezistoarelor de pe ramura de sus cu cele de pe ramura de jos) putem scrie, $I_{12} \cdot$

$R_{12} = I_{45} \cdot R_{45}$, de unde obținem: $I_{12} = \frac{4}{5} I_{45}$. Deoarece: $I_{12} + I_{45} = I$, putem scrie: $\frac{4}{5} I_{45} + I_{45} = I$; $I_{12} = I_1 = I_2 = 6,48A$ (conexiune serie); $I_{45} = I_4 = I_5 = 8,10A$ (conexiune serie); În acest caz $I_3 = 0$, întrerupătorul fiind deschis prin rezistorul 3 nu circulă curentul electric după cum se vede din imaginea simulării cu întrerupătorul deschis prezentate mai jos.

O situație total deosebită vom obține la închiderea comutatorului. În acest caz vom utiliza legile lui Kirchhoff, cu formulări diferite în diferite surse dar cu următoarele constatări:

- suma algebrică a intensităților curenților ce intră în nod este egală cu suma algebrică a intensităților ce ies din nod sau suma algebrică a intensităților ce se întâlnesc în nodul rețelei este egală cu zero.
- pentru orice ochi de rețea suma algebrică a produselor dintre intensitățile curenților și rezistențele ramurilor respective este egală cu suma algebrică tensiunilor electromotoare ale surselor ce se conțin în acest ochi.

Prima lege a lui Kirchhoff reflectă legea conservării sarcinii electrice, în baza ei vom scrie $N-1$ ecuații, unde N reprezintă numărul de noduri. În cazul nostru circuitul are 4 noduri deci $N-1=3$ ecuații (le voi scrie pentru nodurile A, B, D dar se pot alege oricare 3 noduri). Legea a doua reflectă legea conservării și transformării energiei, în baza ei vom scrie $L-N+1$ ecuații, unde L -numărul de laturi. În cazul dat avem 6 laturi deci vom obține $6-4+1=3$ ecuații, le voi scrie pentru ochiurile independente ADCEA, ABDA și BCDB (Fig.3). La alcătuirea sumei respective se consideră pozitivi curenții sensul cărora coincid cu sensul de parcurgere al ochiului de rețea și se consideră pozitive TEM, cele ce măresc potențialul în direcția parcurgerii altfel spus dacă direcția de parcurgere corespunde cu trecerea de la polul negativ al sursei la cel pozitiv.

Sensurile curenților electrici și sensul de parcurgere a ochiurilor se aleg arbitrar (Fig. 3). Astfel pentru nodurile A, B și D obținem relațiile:

$I - I_1 - I_4 = 0$; (pentru nodul A); $I_1 - I_3 - I_2 = 0$; (pentru nodul B); $I_4 + I_3 - I_5 = 0$; (pentru nodul D) și:

$rI + I_4R_4 + I_5R_5 = E$ (pentru ochiul ADCEA); $I_1R_1 + I_3R_3 - I_4R_4 = 0$ (pentru ochiul ABDA);

$I_2R_2 - I_3R_3 - I_5R_5 = 0$ (pentru ochiul BCDB)

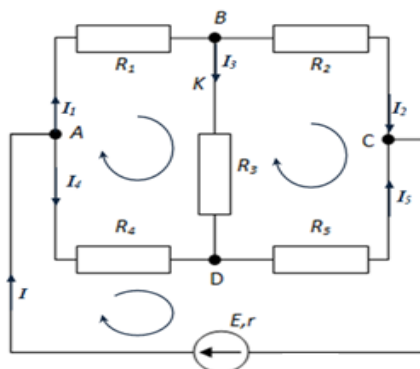


Fig. 3. Sensurile curenților electrici și sensul de parcurgere a ochiurilor

Din relațiile de mai sus pentru nodurile A,B și D exprimăm I , I_1 și I_3 :

$$I = I_1 + I_4 \quad (1);$$

$$I_1 = I_3 + I_2 \quad (2);$$

$$I_3 = I_5 - I_4 \quad (3);$$

Însumând relațiile pentru nodul B și D obținem:

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_5 = I \quad (4) \text{ și } I_2 = I_1 + I_4 - I_5 \quad (5);$$

După înlocuirea valorilor rezistențelor din condiția problemei, obținem următoarele ecuații:

$$I + 2I_4 + 2I_5 = 47 \quad (6);$$

$$4I_1 + 3I_3 - 2I_4 = 0 \quad (7);$$

$$I_2 - 2I_5 - 3I_3 = 0 \quad (8);$$

Înlocuind relațiile 1,2,3 și 4 în relațiile 6,7 și 8 obținem:

$$I_2 + 2I_4 + 3I_5 = 47 \quad (9);$$

$$4I_2 + 7I_5 - 9I_4 = 0 \quad (10);$$

$$I_2 - 5I_5 + 3I_4 = 0 \quad (11);$$

Din relația 11 exprimăm I_2 :

$$I_2 = 5I_5 - 3I_4 \quad (12) \text{ și înlocuim în relația 10, astfel obținem:}$$

$$4(5I_5 - 3I_4) + 7I_5 - 9I_4 = 0, \text{ de aici stabilim: } I_5 = \frac{7}{9} I_4 \quad (13);$$

Înlocuind (12) în (9) și luând în considerație (13) obținem:

$$5I_5 - 3I_4 + 2I_4 + 3I_5 = 47$$

$$8\frac{7}{9}I_4 + I_4 = 47 \text{ (luând în considerație 13);}$$

$$I_4 = 9A;$$

Din relația (15) obținem: $I_5 = \frac{7}{9} I_4 = 7A$. Iar din relația (3) obținem: $I_3 = I_5 - I_4 = 7A - 9A = -2A$ (aici semnul minus arată că sensul adevărat al curentului dat este invers celui indicat în schema circuitului), de acest lucru ne putem convinge încă odată din imaginea simulării prezentată mai jos.

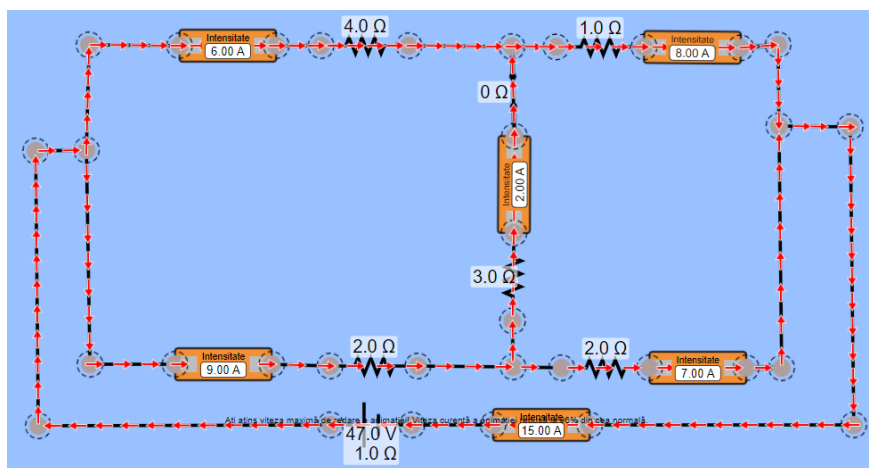


Fig. 4. Simulare cu întrerupătorul închis

Din relația (5) obținem $I_2 = 47 - 2I_4 - 3I_5 = 8A$, din relația (4) obținem: $I = I_2 + I_5 = 15A$ și din (2) obținem: $I_1 = I_2 + I_3 = 6A$.

Concluzie

Luând în considerație experiența proprie, simularea este un instrument ușor și sigur pentru verificarea calculelor realizate, în cazul dat la circuitele electrice. Fiind valabilă pentru autoverificare, atât pentru elev cât și pentru profesor, sau în genere pentru anticiparea rezultatelor la soluționarea situațiilor semnificative.

Bibliografie

1. Aplicație PHET. Kit Construcție Circuite Electrice: Curent Continuu - Laborator Virtual.

Disponibil la:

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_ro.html