

ELABORAREA I FOLOSIREA SCHEMELOR LOGICE ÎN CADRUL STUDIERII FIZICII/ELECTROTEHNICII

Valeriu ABRAMCIUC, dr., conf. univ.
Universitatea de Stat „A.Russo” din B I i

Abstract: *In this paper is developed and analyzed the causal structures, called logical schemes. Are some of their classification, justified the effectiveness of their application in order to improve learning. Are examples of using logical schemes in the study of physics/electrical engineering.*

Keywords: physics, electrical engineering, phenomena, processes, causes, effects, flowcharts.

Introducere

Creterea eficacității învățământului și activizarea procesului de însușire a materiei de studiu reprezintă un obiectiv important al activității didactice. Actorii procesului de predare folosesc o gamă foarte diversificată de metode de expunere a materiei de studiu, se elaborează metode noi, se aplică tehnologii moderne de învățare, se întreprind și alte măsuri în scopul aprofundării în elegerii esenței fenomenelor și proceselor studiate.

În cadrul predării, un rol deosebit îl are modul/maniera de expunere a materiei de studiu, ordinea și succesiunea prezentării explicațiilor de rigoare, toate acestea fiind în stare să determine substanțial nivelul de înțelegere în ansamblu și în detalii al esenței disciplinei de studiu.

În lucrarea dată sunt elaborate și analizate, în baza celor enunțate mai sus, structuri de cauzalitate-efect, numite scheme logice. Se propun unele clasificări ale acestora și este fundamentată eficiența folosirii lor în scopul îmbunătățirii însușirii materiei de studiu. Sunt prezentate exemple de folosire a schemelor logice în cadrul studierii fizicii/electrotehnicii.

Noțiuni despre scheme logice și necesitatea folosirii acestora

Pregătirea/formarea specialiștilor din domeniile fizico-tehnice cere, în virtutea specificului disciplinelor de studiu de bază, a acordării în permanență atenției sporite verificării, pe etape, a nivelului de înțelegere a materiei de studiu. Este foarte important ca studenții să perceapă logica expunerii, să înțeleagă un mesaj separat și tema/compartimentul de studiu în întregime. Pentru științele fizico-tehnice, oricare porțiune de informație propusă pentru însușire/înțelegere trebuie prezentată într-o succesiune/ordine determinat de logica proceselor/fenomenelor analizate.

Pornind de aici, materia de studiu va fi divizată, în scopul îmbunătățirii și aprofundării în elegerii și însușirii temeinice, în module/secvențe principale, iar pentru fiecare dintre ele pot fi elaborate structuri de cauzalitate-efect, numite scheme logice.

În funcție de complexitatea fenomenelor și proceselor studiate sau în funcție de numărul mai mare de condiții/parametri de intrare în sistem, schemele logice pot avea structuri destul de variate, dar care reflectă fidel aspectele fizico-tehnice.

Oricare secvență a materiei de studiu, oricare explicație și raționament, care contribuie la formarea noțiunilor sau la stabilirea legilor și legităților, se caracterizează printr-o anumită structură. Nu oricare structură poate fi considerată logică.

A învățarea prin intermediul structurilor semnificative a relațiilor de reciprocitate ale lucrurilor/fenomenelor. Cunoștințele structurate sunt mai ușor asimilate, se rețin în memorie mai ușor, sunt durabile și pot fi folosite mai ușor în calitate de instrument/mijloc de cunoaștere.

Schemele (structurile) logice reprezintă un sistem de elemente ale materiei de studiu, care constituie, în baza interdependenței reale de cauză-efect și a regulilor logicii formale, un tot întreg.

Schemele logice au scopul de a structura materia de studiu și de a o prezenta într-o ordine bine determinată de însăși natura și de structura internă a fenomenelor și proceselor pe care le descrie, ceea ce înlesnește însușirea acestora.

Aceste structuri pot determina ordinea de promovare a prelegerilor, de expunere a materiei de studiu, evidențiază punctele slabe – momente importante pentru a influența conținutul lecțiilor practice, a selecta cele mai reprezentative experiențe demonstrative, precum și a stabili conținutul fiecărui lucru de laborator.

Schemele logice pot fi folosite pentru a facilita studiul și în alegerea profundă a esenței unei legi, ale unui fenomen/proces sau ale unei teme complexe (unui ciclu de teme). Folosirea schemelor logice (în special, elaborarea acestora) stă la baza formării unui specialist competent, creativ, competitiv, în continuă formare și cu mari perspective.

Pentru același fenomen/proces pot fi elaborate diverse scheme logice (ca structură și complexitate), în funcție de obiectivele propuse în studiu, de adâncimea sau superficialitatea analizei cerute etc. În procesul conceperii și elaborării schemei logice o importanță deosebită îi revine procesului de idealizare a fenomenelor/proceselor studiate. Spre exemplu, în cadrul analizei circuitelor electrice se recurge uneori la idealizarea surselor de alimentare, a elementelor de circuit sau a unor regimuri de funcționare.

Elaborarea schemelor logice în cadrul disciplinelor fizico-tehnice, precum și structura generală a acestora constituie o analogie formală cu schemele folosite în cadrul limbajelor de programare, în care se indică direcția/direcțiile de desfășurare a programului, de realizare a calculelor, de control al anumitor condiții etc. Fiecare din aceste structuri schematice sunt guvernate de logica proprie.

Elaborarea și prezentarea unor scheme logice simple

În continuare sunt prezentate, cu titlu de exemplificare, câteva scheme logice, elaborate de autor. Necesitatea elaborării lor a fost dictată de practica didactică și de raționamentele aduse mai sus.

Un exemplu elocvent de schemă logică, elaborat pentru facilitarea înțelegerii proceselor care caracterizează funcționarea în gol (fără sarcină) a transformatorului electric monofazat, este cea prezentată în fig. 1.

Explicativa acestei scheme logice este următoarea. În situația în care la bornele primarului transformatorului electric se aplică o tensiune electrică alternativă u_1 , această înfășurare absoarbe de la rețeaua electrică de

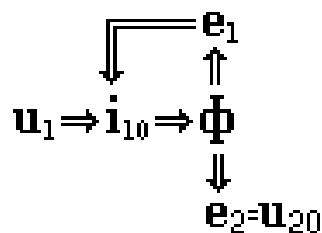


Fig. 1

alimentare un curent de intensitate i_{10} i produce un câmp magnetic propriu, numit *câmp de excita ie* al transformatorului, cu fluxul magnetic fascicular util , cu varia ie temporal alternativ , care înl n uie ambele înf ur ri. În baza legii induc iei electromagnetice, în primar se autoinduce t. e. m. e_1 , care determin , împreun cu tensiunea u_1 , valoarea curentului i_{10} . În conformitate cu legea induc iei electromagnetice, în secundar se induce t. e. m. e_2 , egal cu tensiunea u_{20} , denumit tensiune secundar la func ionarea în gol.

În rezultatul analizei schemei logice din fig. 1 este u or de memorat i lesne de în eles în linii mari principiul de func ionare în gol al transformatorului.

Dac se pune scopul detalierii proceselor fizice care intervin în acest caz, se vor concretiza, pentru o însu ire profund a materiei de studiu, urm toarele chestiuni:

1. Condi iile de apari ie a curentului electric de conduc ie într-un circuit.
2. Fenomenul autoinduc iei i induc iei magnetice, rela ii pentru t. e. m.
3. Condi iile în care forma varia iei curentului i_{10} difer de forma tensiunii aplicate u_1 .
4. Necesitatea dispunerii înf ur rilor transformatorului pe un miez (circuit) din material feromagnetic.
5. Intensificarea cuplajului magnetic al înf ur rilor transformatorului necesit moduri (geometrii) speciale de dispunere reciproc a înf ur rilor.
6. Câmpul magnetic de dispersie.
7. Pierderi de energie.
8. Scheme electrice de înlocuire.

Chestionarul poate fi extins în func ie de necesitate, iar problemele formulate pot cere solu ii mai detaliate, uneori i cu demonstra ii matematice, cu prezentarea i argumentarea unor remedii practice etc.

În scopul detalierii mai riguroase se vor analiza i alte aspecte ale fenomenelor fizice sau chiar se vor elabora i alte scheme logice, mai am nun ite.

Prezentarea materiei de studiu sub aspectul leg turii acesteia cu schema logic prezentat în fig. 1 faciliteaz însu irea elementelor esen iale ale func ion rii în gol a transformatorului. În consecin , teoria proceselor poate fi prezentat mai riguros.

Explicativa schemelor logice poate fi detaliat sau „superficial”, în func ie de scopul urm rit, pe când analiza legii i fenomenului pentru care a fost elaborat schema necesit detalierea i aprofundarea r spunsului, aducând informa ii i din alte compartimente sau chiar din alte discipline de studii.

Urm torul exemplu constituie o dezvoltare a schemei logice prezentate în fig. 1 i se refer la regimul de func ionare în sarcin a transformatorului monofazat (sau a celui trifazat, cu sarcina echilibrat pe faze, pentru o faz) (vezi fig. 2).

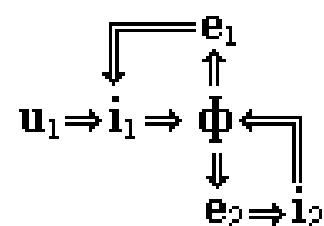


Fig. 2

Simplitatea schemei logice prezentate în fig. 2 este aparent în comparație cu cea din fig. 1: procesele fizice care însoțesc funcționarea în sarcină a transformatorului sunt extrem de complexe, iar pentru explicarea acestora se adoptă mai multe simplificări și idealizări. Însă cel mai important avantaj al schemelor logice constă în prezentarea simplă, clară și logică a fenomenelor complexe și laborioase.

Explicativa simplificată a schemei logice prezentate în fig. 2 poate fi următoarea. În situația în care transformatorul funcționează în sarcină, circuitul electric secundar devine închis și t.e.m. e_2 produce un curent secundar de intensitate i_2 , care îi asociază un câmp magnetic propriu, numit *câmp de reacție* al transformatorului. În această situație, fluxul magnetic util se obține prin suprapunerea câmpurilor asociate celor doi curenți. Fluxul magnetic util depinde de valoarea efectivă a tensiunii aplicate la primar și nu este influențat de valorile curenților din înfășurările acestuia, indiferent de regimul de funcționare a transformatorului.

Aici sunt valabile observațiile aduse mai sus referitor la fig. 1.

În conformitate cu cele menționate anterior, analiza constată că procesele fizice care însoțesc funcționarea în sarcină a transformatorului sunt extrem de complexe. Transformatorul electric este un aparat care „reglează”, independent de operator, valoarea curentului absorbit de la sursă (rețeaua) de alimentare. Analiza proceselor fizice care însoțesc funcționarea în sarcină a transformatorului electric arată că *intensitatea curentului din circuitul primar este determinată de valoarea impedanței consumatorului*.

Pentru analiza procesului de autoreglare a valorii curentului absorbit de la sursa de alimentare de un transformator electric a fost elaborată, la funcționarea acestuia în sarcină variabilă, o schemă logică specială, care prezintă relațiile dintre mărimile care intervin în proces. Schema logică prezentată în fig. 3 se referă la transformatorul monofazat sau la o fază a celui trifazat, cu sarcina echilibrată pe faze.

$$Z_S \downarrow \Rightarrow I_2 \uparrow \left(I_2 = \frac{E_2}{Z_2 + Z_S} \right) \Rightarrow \Phi_m \downarrow \left(\Phi_m = \Phi_{m1} - \Phi_{m2} \right) \Rightarrow E_1 \downarrow \left(E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m \right) \Rightarrow I_1 \uparrow \left(I_1 = \frac{U_1 - E_1}{Z_1} \right)$$

Fig. 3

În schema din fig. 3 săgețile verticale \uparrow și \downarrow semnifică majorarea, respectiv micșorarea valorii mărimii care se asociază, iar cu săgeata \Rightarrow se indică rezultatul (efectul) care rezultă din modificarea mărimii prezentate în schema logică în stânga acesteia. Aici s-au folosit valorile efective ale intensității curentului, tensiunii, t.e.m. și ale fluxului magnetic. Pentru scoaterea în evidență a unor aspecte, unele relații sunt scrise în complex.

Un alt avantaj important al schemelor logice realizate corect constă în simplitatea relativă a lor și claritatea, în linii mari, a elementelor constitutive. Pentru confirmare, aducem, succint, explicațiile de rigoare pentru schema logică prezentată în fig. 3. S-a convenit că se realizează situația în care impedanța sarcinii Z_S a transformatorului se micșorează. În conformitate cu legea lui Ohm, scrisă în formă complexă, intensitatea curentului I_2 din secundarul transformatorului se va majora, ca urmare, fluxul magnetic util rezultat Φ_m se va micșora din cauza majorării componentei Φ_{m2} , care este

proporțional cu I_2 . În consecință, se va micșora t.e.m. E_1 și, în final, curentul din primar I_1 se majorează. Deci majorarea sarcinii (micșorarea impedanței Z_S) transformatorului determină nu doar creșterea intensității curentului I_2 în circuitul secundar, ci și majorarea curentului primarului. În baza acestor explicații este ușor de analizat situația micșorării sarcinii transformatorului (chiar îți poți elabora o altă schemă logică).

Un ajutor substanțial îl pot aduce schemele logice la studierea aprofundată și temeinică a fenomenelor, în cadrul cărora se cere urmărirea unui lanț de raporturi de cauzalitate și efect, descrise cu mai multe relații. Se analizează circuitul (vezi schema din fig. 4,a) cu care pot fi determinate experimental măsurimile E și r ale unei surse de curent (vezi dependența $U = f(I)$ din fig. 4,b).

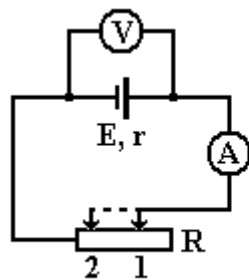


Fig. 4,a

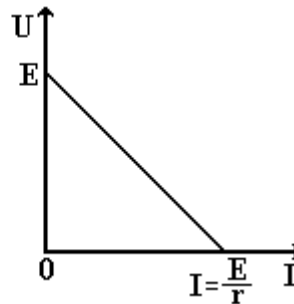


Fig. 4,b

Se stabilește experimental că schimbarea poziției cursorului reostatului determină modificarea indicațiilor ampermetrului și ale voltmetrului. Raportul de cauzalitate și efect este simplu: cauza modificării curentului în circuit și a tensiunii pe diferite porțiuni ale acestuia este schimbarea poziției cursorului reostatului. În scopul verificării nivelului de înțelegere a acestor procese (a acestui raport de cauzalitate și efect) se pune următoarea întrebare: cum se modifică indicațiile aparatelor de măsurat ca urmare a deplasării cursorului reostatului din poziția 1 în poziția 2?

Explicația poate fi redată cu schema logică prezentată în fig. 5 și care necesită următoarele comentarii. Deplasarea cursorului reostatului din poziția 1 în poziția 2 conduce la micșorarea lungimii active (parcursă de curent) a conductorului reostatului, deci se micșorează rezistența R a porțiunii active (parcursă de curent) a reostatului, dar aceasta determină majorarea curentului în circuit. Valoarea tensiunii măsurate de voltmetru se micșorează liniar (vezi fig. 4,b).

$$l \downarrow \Rightarrow R \downarrow \left(R = \rho \frac{l}{S} \mid \begin{matrix} \rho = \text{const} \\ S = \text{const} \end{matrix} \right) \Rightarrow I \uparrow \left(I = \frac{E}{r + R} \mid \begin{matrix} E = \text{const} \\ r = \text{const} \end{matrix} \right) \Rightarrow U \downarrow \left(U = E - Ir \mid \begin{matrix} E = \text{const} \\ r = \text{const} \end{matrix} \right)$$

Fig. 5

Studiul dependențelor dintre măsurimile fizice analizate în modul indicat determină înțelegerea mai adâncă a esenței fenomenelor care însoțesc experimentul.

Scheme logice complexe – exemplificări și sugestii

Se constată existența a câteva categorii de scheme logice, printre acestea fiind și schemele logice în dezvoltare. Pentru exemplificare, prezentăm în continuare câteva situații, care pot fi descrise cu ajutorul schemelor logice, gradul de complexitate al cărora

creșterea de la un caz la altul, dar, în același timp, oricare schemă prezintă o dezvoltare/modificare a celei precedente:

- ✓ funcționarea în gol a transformatorului electric monofazat (fig. 1);
- ✓ funcționarea în sarcină a transformatorului electric monofazat (fig. 2);
- ✓ funcționarea în aceste două regimuri a transformatorului electric trifazat în sarcină echilibrată;
- ✓ funcționarea în aceste două regimuri a transformatorului electric trifazat în sarcină neechilibrată;
- ✓ extinderea acestor scheme logice pentru cazul motorului asincron trifazat.

Un alt exemplu elocvent în acest sens îl reprezintă fenomenele care conțin mai multe procese repetitive (cicluri), adică desfășurarea proceselor este de a-a manieră, încât ele se repetă dar cu alte valori ale parametrilor care intervin.

Spre exemplu, pentru analiza proceselor care însoțesc fenomenul de autoexcitare a generatorilor electrice de curent continuu a fost elaborată și aplicată de către autor în cadrul lecțiilor schema logică, prezentată în fig. 6. Aceasta tinde să urmărească succesiv procesele, luând în considerare îndeplinirea condițiilor de autoexcitare. Se consideră funcționarea în gol a generatorului de curent continuu cu excitație derivată, acesta fiind cel mai răspândit tip de generator de c.c.

De remarcat că autoexcitarea (amorsarea) generatorului reprezintă nu altceva decât obținerea tensiunii electromotoare de valori necesare la bornele acestuia și este un proces tranzitoriu care se poate produce doar când sunt satisfăcute anumite condiții, numite de autoexcitare. Rezultatul acestui proces se prezintă, de obicei, prin caracteristica de funcționare în gol $e = f(i_e)$. Dacă poliul principal al generatorului are un flux magnetic remanent Φ_r , atunci, ca urmare a mișcării rotorului cu turația n , la bornele acestuia se obține t.e.m. remanent e_r , determinat cu relația $e_r = K_e n \Phi_r$ în care K_e reprezintă constanta electrică a mașinii, dependentă de parametrii constructivi ai acesteia. Sub acțiunea acestei t.e.m. apare în circuitul de excitație un mic curent de excitație $i_{e_0} \approx \frac{e_r}{R_t}$, unde R_t reprezintă suma rezistențelor elementelor circuitului de excitație (aceasta trebuie să fie mai mică decât valoarea critică, $R_t < R_{cr}$). Solenoidal bobinei de excitație $w_e i_{e_0}$ creează un flux de excitație Φ_e , care trebuie să fie de același sens cu fluxul remanent Φ_r . Ca urmare, fluxul rezultat Φ_{rez} se măjorează, astfel determinând creșterea t.e.m., $e > e_r$, iar aceasta determină, la rândul său, majorarea de mai departe a curentului de excitație, $i_e > i_{e_0}$. Aceste procese se repetă ciclic la valori tot mai mari și mai mari ale mărimilor care intervin. Procesul tranzitoriu de creștere a t.e.m. e și a curentului i_e este descris de ecuația de tensiuni, în valori instantanee:

$$e = R_t i_e + \frac{d(L_t i_e)}{dt},$$

în care L_t este suma inductivităților proprii ale înfășurăturilor indusului și inductorului.

Procesul de autoexcitare se încheie când $\frac{d(L_t i_e)}{dt} = 0$, situa ie în care $e = E_0$ și $i_e = I_{en}$.

Schema logic simplificat a procesului de autoexcita ie a generatorului analizat poate fi prezentat ca în fig. 6.

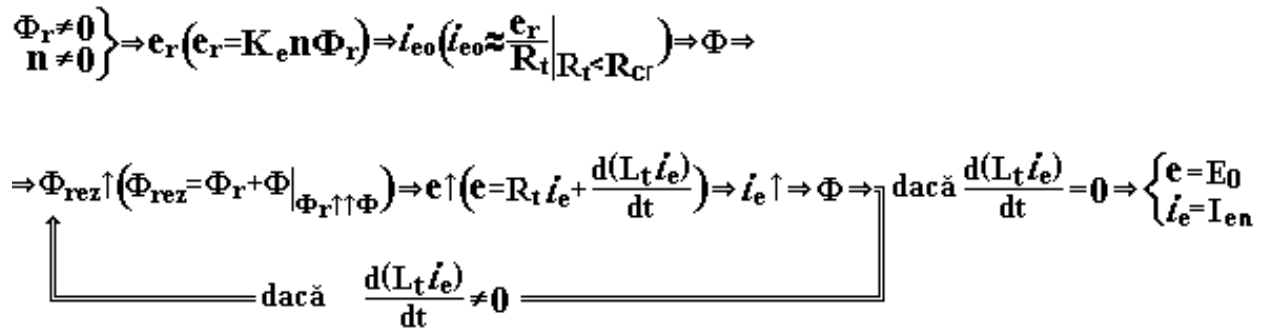


Fig. 6

Se va aduce înc un exemplu. Se analizeaz transportarea energiei electrice la distan , situa ie în care este avantajos s se foloseasc tensiuni înalte. A fost elaborat schema logic pentru cazul în care se pune condi ia ca pierderile de putere ΔP s r mân constante (fig. 7).

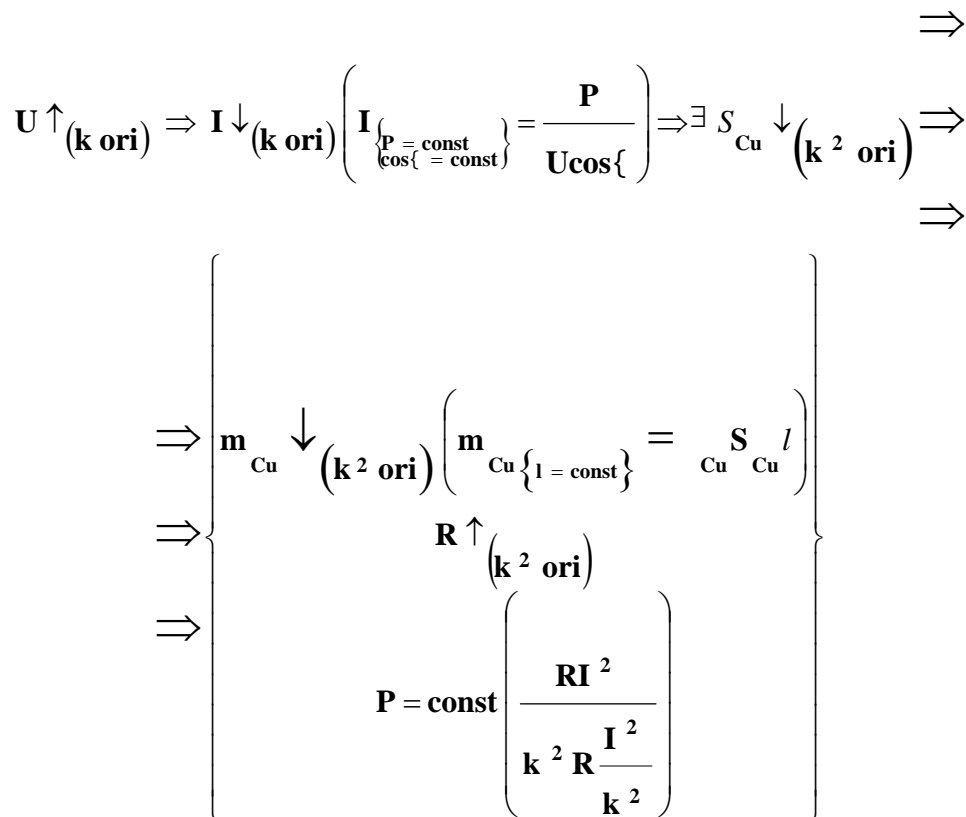


Fig. 7

Explicativ . Dacă puterea activ care trebuie transportat este $P = IU \cos\{\}$, cre terea tensiunii liniei (de exemplu de la U la kU ($k > 1$)) permite mic orare de la I la $\frac{I}{k}$ a intensit ii curentului de linie, întrucât (în condi ia în care $P = \text{const.}$ și $\cos\{\} = \text{const.}$):

$$kU \frac{I}{k} \cos\{\} = UI \cos\{\} = P.$$

Micorarea de k ori a intensității curentului face posibilă micorarea de k^2 ori a secțiunii transversale S_{Cu} a conductoarelor liniei (considerate, pentru concrete, confecționate din cupru). (Se va reține că această micorare este echivalentă cu majorarea lungimii liniei de k^2 ori.) *Posibilitatea* micorării secțiunii transversale a conductoarelor liniei este arătată în schema logică printr-o săgeată de efect \Rightarrow , însoțită de simbolul \exists . Acceptarea acestei posibilități determină concomitent trei consecințe, prezentate în schema logică prin trei săgeți de efect de același nivel. În primul rând, micorarea secțiunii conductoarelor liniei atrage o importantă economie de material conductor (micorarea masei acestuia de k ori), deci o construcție mai ușoară a liniei (spre exemplu, pentru liniile aeriene – numărul mai mic de piloni, cheltuieli de transport reduse, etc.). În al doilea rând, aceasta conduce la o creștere a rezistenței electrice a liniei (de k^2 ori). În final, aceasta nu determină o creștere a pierderilor prin efect Joule pe linia de transport (datorită creșterii de la R la k^2R a rezistenței conductoarelor liniei), deoarece:

$$\Delta P = RI^2 = k^2R \frac{I^2}{k^2}.$$

Schema logică prezentată în fig. 7 reprezintă, de fapt, esența calculului liniei de transportare a energiei electrice, situație în care puterea transportată este constantă, calculul fiind realizat fără a deduce și a detalia relațiile. În aceste scopuri, precum și pentru calculul liniilor când se impun alte condiții (se cunoaște valoarea pierderilor de tensiune pe linie sau densitatea admisibilă a curentului), pot fi consultate manualele de specialitate.

În scopul studierii aprofundate a fenomenelor/proceselor se formulează chestiuni suplimentare. Prezentăm câteva exemple.

1. Cum poate fi modificată secțiunea conductoarelor liniei de transportare a energiei electrice la majorarea tensiunii liniei de două ori, în cazul în care puterea transportată este aceeași.
2. Cum trebuie să fie modificată valoarea minimă necesară a ariei secțiunii transversale a conductoarelor liniei de transportare a energiei electrice în situația în care rămân constante pierderile de tensiune pe linie, tensiunea nominală și sarcina (consumatorul), dacă conductoarele de cupru se înlocuiesc cu altele: *a*) de aluminiu sau *b*) de oțel.
3. Determinați raportul prețurilor cuprului și aluminului pentru care devin egale cheltuielile pentru materialul unei linii cu două conductoare (dus și întors) de lungime l [km], dacă rezistența acesteia trebuie să fie r [Ω].

În baza schemelor logice pot fi elaborate mai multe seturi de întrebări pentru concretizarea anumitor aspecte sau, în cazul în care se indică *de câte ori se modifică valoarea unei mrimi*, schemele logice se folosesc pentru determinarea valorilor altor mrimi.

Schemele logice pot fi destul de utile în cadrul rezolvării problemelor calitative care au enunțul de tipul: *explică-i, cum se va modifica ... (spre exemplu, valoarea intensității curentului electric) în situația în care ... (rezistența crește/scade), sau: de câte ori*

La rezolvarea unor probleme se recomandă, în unele situații, ca acestea să fie analizate mai întâi calitativ, folosind o schemă logică elaborată, apoi să se realizeze calculul analitic necesar. De obicei, rezultatul aproximativ (sau ordinea valorii acestuia) poate fi obținut la finalul analizei calitative.

Analiza unor relații dintre mărimile fizice

Procesul de elaborare și prezentare a schemelor logice se află în strânsă legătură și chiar este determinat de folosirea noțiunii de funcție.

Determinarea dependenței unei mărimi funcționale de una sau câteva alte mărimi încu nu deschide esența fenomenului, chiar mai mult – scrierea analitică a dependenței funcționale într-o mare măsură maschează această esență. Numai analiza situațiilor concrete și cercetarea legăturilor de cauzalitate–efect poate ajuta la înțelegerea esenței fizice a fenomenului.

Între două sau mai multe mărimi există deseori o anumită *corespondență funcțională*, exprimată printr-o relație, și această *corespondență funcțională* scoate în evidență esența fenomenului fizic, dezvoltarea dependenței cauză-efect dintre acestea.

De exemplu, *corespondența funcțională* dintre presiunea P și volumul V ale gazului ideal la temperatură constantă se exprimă cu relația:

$$PV = \text{const.}$$

Este util să se pună întrebări care scot în evidență legătura cauză-efect dintre aceste mărimi:

- ☞ care este cauza micșorării presiunii masei date de gaz la temperatură constantă;
- ☞ presiunea masei date de gaz s-a mărit de două ori. Ce s-a întâmplat, în acest caz, cu volumul acestui gaz, dacă se consideră $T = \text{const.}$
- ☞ explică-i dacă este posibil ca presiunea gazului să se micșoreze de trei ori în condițiile în care volumul acestuia se micșorează de trei ori și $m = \text{const.}$, $T = \text{const.}$?

În baza analizei răspunsurilor date la aceste întrebări se trage concluzia: cauza modificării presiunii gazului ideal (pentru $m = \text{const.}$) în cadrul procesului izoterm este modificarea volumului acestuia și invers: cauza modificării volumului (în aceleași condiții) este modificarea presiunii exercitate asupra gazului.

Astfel de raporturi de cauzalitate și efect dintre mărimile fizice se numesc *legături/raporturi reciproce*. Anume astfel de raporturi există între volumul și temperatura masei date a unui gaz ideal în cadrul procesului izobar, între intensitatea curentului electric și tensiunea pe o porțiune de circuit cu rezistență liniară și constantă, precum și altele.

Exist îns situa ii în care între m rimile fizice *raporturile nu sunt reciproce*. Un caz elocvent îl prezint func ionarea ma inii electrice în regim de frân , în care energia electric absorbit de la re ea i energia mecanic de la arbore sunt transformate în c ldur . Acest proces este *unidirec ional* i nu poate fi inversat: transmiterea de c ldur ma inii electrice nu readuce sistemul la starea ini ial . Un alt exemplu: între viteza de mi care a unui glon într-un mediu dens i temperatura glon ului exist o dependen func ional . Cauza înc lzirii glon ului este mi carea acestuia, i nu invers - înc lzirea glon ului nu determin apari ia mi c rii acestuia.

Este important i necesar îns s deosebim situa iile în care existen a între m rimi a unei coresponden e func ionale exprimate printr-o rela ie nu semnific totodat existen a dependen ei cauz -efect dintre acestea. Deci nu oricare formul /rela ie dintre m rimile fizice exprim i o dependen cauz -efect dintre acestea. Într-un ir de cazuri, înscrierea analitic reflect doar o anumit concordan dintre m rimile fizice. În calitate de exemple care ilustreaz acest fapt se prezint rela iile de calcul ale m rimilor fizice, care reprezint de fapt rela ii de definire: a densit ii materialelor ($\rho = \frac{m}{V}$), a c ldurii specifice de topire ($\lambda = \frac{Q}{m}$) i altele. Din prima rela ie s-ar p rea c rezult dependen a $\rho = f(m)$ pentru $V = const$, îns această afirma ie, fiind corect matematic, este totalmente gre it din punctul de vedere al fizicii. Acelea i sugestii pot fi prezentate i pentru rela ia de definire a c ldurii specifice de topire.

Este foarte important ca studen ii s în eleag foarte bine c nu oricare formul /rela ie, care leag unele m rimi fizice, prezint i o oarecare dependen de cauzalitate–efect dintre acestea. În multe situa ii, rela ia analitic reflect doar o anumit coresponden /raport dintre aceste m rimi fizice.

Schemele logice pot contribui substan ial la însu irea corect i temeinic a no iunilor de baz ale fizicii, la excluderea trat rii gre ite a unor rela ii dintre m rimi.

Dintre astfel de rela ii, cea mai „clasic ” (dac e s ne referim la electricitate, la curent continuu) este rela ia cu care poate fi determinat rezisten a unui rezistor (sau rezisten a unei por iuni de circuit), folosind legea lui Ohm. Pentru o por iune pasiv de circuit de curent continuu se scrie:

$$r = \frac{U}{I},$$

de unde eronat se trage concluzia c rezisten a (denumit uneori ohmic) rezistorului (sau a por iunii de circuit) este func ie de parametrii U i I . Vom aten iona c situa ia este cu totul alta în cazul în care este vorba despre un element din circuitul de curent alternativ.

Înc o gre eal frecvent comis . Pentru un circuit simplu de curent continuu se poate scrie urm toarea rela ie:

$$R = \frac{E}{I} - r,$$

din care nu rezult dependen a rezisten ei R de parametrii E , I i r .

Alt tip de greșeli de acest fel sunt comise din necunoașterea relațiilor de definire a mărimilor și a semnificației fizice a acestora. De exemplu, pentru un conductor filiform, caracterizat printr-o distribuție uniformă a liniilor de curent, se poate scrie:

$$I = J S,$$

relație din care *nu* rezultă dependența intensității curentului de densitatea acestuia, deoarece anume din această relație se definește însăși densitatea curentului (nu vom specifica aici condițiile care se impun la definire).

O situație similară poate fi observată în cazul folosirii relației cu care se definește densitatea unui material:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

relație din care *nu* rezultă deloc că densitatea materialului este funcție de volumul (sau de masa) acestuia.

Alt exemplu este acela care se referă la capacitatea electrică, definită cu relația:

$$C = \frac{q}{U},$$

din care *nu* se va trage concluzia că aceasta depinde de mărimile q și/sau U .

Evident, pentru exemplele prezentate, cât și pentru multe alte situații similare *nu* se vor elabora scheme logice. Cititorul poate aduce și alte exemple de acest fel.