

SCHEMELE LOGICE - O POSIBILITATE DE APROFUNDARE A ÎNȚELEGERII FIZICII/ELECTROTEHNICII

Valeriu ABRAMCIUC,

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

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, logical schemes.*

Introducere

Creșterea 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 înțelegerii esenței fenomenelor și proceselor studiate.

În cadrul predării, un rol deosebit îl au 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 a esenței disciplinei de studiu.

În lucrarea dată, în baza celor enunțate mai sus, sunt elaborate și analizate structuri de cauzalitate-efect, numite scheme logice. Se dau unele clasificări ale acestora, 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, în virtutea specificului disciplinelor de studiu de bază, implică acordarea în permanentă a atenției sporite aspectului de verificare, pe etape, a nivelului de înțelegere a materiei de studiu. Este foarte important ca studenții să perceapă logica expunerii, să cuprindă în ansamblu ideea fiecărui mesaj, al temei/compartimentului de studiu. Pentru științele fizico-tehnice, oricare porțiune a informației, propuse pentru însușire/înțelegere, trebuie prezentată într-o succesiune/ordine determinată de logica proceselor/fenomenelor analizate.

Reieșind din aceste considerente, în scopul îmbunătățirii și aprofundării înțelegerii și însușirii temeinice a materiei de studiu, aceasta va fi divizată 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 de necesitatea luării în calcul a unui număr 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 stabilirea legilor și legităților, se caracterizează printr-o anumită structură. Nu oricare structură poate fi considerată logică.

A învăța prin intermediul structurilor semnifică a învăța relațiile de reciprocitate a lucrurilor/fenomenelor. Cunoștințele structurate sunt mai ușor asimilate, se rețin în memorie mai trainic, sunt durabile și mai ușor pot fi folosite în calitate de instrument/mijloc de cunoaștere.

Schemele (structurile) logice reprezintă un sistem de elemente ale materiei de studiu, care, în baza interdependenței reale de cauză-efect și a regulilor logicii formale, constituie 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 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 nevralgice, cele mai importante pentru a determina conținutul lecțiilor practice, a selecta cele mai reprezentative experiențe demonstrative, precum și a stabili conținutul fiecărei lucrări de laborator.

Schemele logice pot fi folosite pentru a înlesni studiul și înțelegerea profundă a esenței unei legi, a unui fenomen/proces sau a unei teme complexe (a unui ciclu de teme). Folosirea schemelor logice (dar, 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, uneori, se recurge 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 reprezintă 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 a anumitor condiții, realizarea unor cicluri ș. a. Fiecare din aceste structuri schematice sunt guvernate de logica proprie.

Elaborarea și prezentarea unor scheme logice simple

În continuare, în scopul exemplificării, sunt prezentate câteva scheme logice, elaborate de autor. Evident, necesitatea elaborării acestora a fost determinată de practica didactică și de raționamentele aduse mai sus.

Un exemplu elocvent de schemă logică, elaborată 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 , înfășurarea aceasta absoarbe de la rețeaua electrică de alimentare un curent de intensitate i_{10} și produce

un câmp magnetic propriu, numit *câmp de excitație* al transformatorului, cu fluxul magnetic fascicular util ϕ , cu variație temporală alternativă, care înlănțuie ambele înfășurări. În baza legii inducției electromagnetice, în primar se autoinduce t. e. m. e_1 , care, împreună cu tensiunea u_1 , determină valoarea curentului i_{10} . În conformitate cu legea inducției electromagnetice, în secundar se induce t. e. m. e_2 , egală cu tensiunea u_{20} , denumită tensiune secundară la funcționarea în gol.

În rezultatul analizei schemei logice din fig. 1 este ușor de memorat și lesne de înțeles în linii mari principiul de funcționare în gol a transformatorului.

Dacă se pune scopul detalierii proceselor fizice care intervin în acest caz, pentru o însușire profundă a materiei de studiu, se vor concretiza următoarele întrebări.

1. Condițiile de apariție a curentului electric de conducție într-un circuit.
2. Fenomenul autoinducției și inducției magnetice, relații pentru t. e. m.
3. Condițiile în care forma variației curentului i_{10} diferă de forma tensiunii aplicate u_1 .
4. Necesitatea dispunerii înfășurărilor transformatorului pe un miez (circuit) din material feromagnetic.
5. Intensificarea cuplajului magnetic al înfășurărilor transformatorului necesită moduri (geometrii) speciale de dispunere reciprocă a înfășurărilor.
6. Câmpul magnetic de dispersie.
7. Pierderi de energie.
8. Scheme electrice de înlocuire.

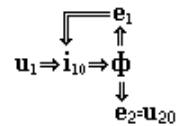


Fig. 1

Evident, lista întrebărilor poate fi, în funcție de necesitate, extinsă, iar întrebările pot cere răspunsuri mai aprofundate, uneori și cu demonstrații matematice, cu prezentarea și argumentarea unor soluții practice etc.

În principiu, în scopul detalierii mai riguroase, se vor analiza și alte aspecte ale fenomenelor fizice sau chiar se vor elabora și alte scheme logice, mai detalizate.

Prezentarea materiei de studiu sub aspectul legăturii acesteia cu schema logică prezentată în fig. 1 facilitează însușirea elementelor esențiale ale funcționării în gol a transformatorului, iar în baza acestora poate urma prezentarea riguroasă a teoriei proceselor.

Explicativa schemelor logice poate fi detaliată sau „superficială”, în funcție de scopul urmărit – generalizarea materiei unui compartiment necesită o detaliere mai mică, pe când analiza însăși a legii, fenomenului pentru care a fost elaborată schema necesită detalierea și aprofundarea răspunsului, aducând informații și din alte compartimente sau chiar din alte discipline de studii.

Următorul exemplu reprezintă o dezvoltare a schemei logice prezentate în fig. 1, și se referă la regimul de funcționare în sarcină a transformatorului monofazat (sau a celui trifazat, cu sarcina echilibrată pe faze, pentru o fază) (vezi fig. 2).

Simplitatea schemei logice prezentate în fig. 2, în comparație cu cea din fig. 1, este aparentă: 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, acesta este, probabil, cel mai important avantaj al schemelor logice – prezentarea simplă, clară și logică a fenomenelor complexe, 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 își asociază un câmp magnetic propriu, numit *câmp de reacție* a transformatorului. În această situație, fluxul magnetic fascicular util Φ se obține prin suprapunerea câmpurilor asociate celor doi curenți. Fluxul magnetic util depinde de valoarea efectivă a tensiunii aplicate la primar și nu este practic influențat de valorile curenților din înfășurările acestuia, indiferent de regimul de funcționare a transformatorului.

Și 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, în mod independent de operator, „reglează” valoarea curentului absorbit de la sursa (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 către un transformator electric, la funcționarea acestuia în sarcină variabilă, a fost elaborată o schemă logică specială, care prezintă și 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.

$$Z_S \downarrow \Rightarrow I_2 \uparrow \left(I_2 = \frac{E_2}{Z_2 + Z_S} \right) \Rightarrow \Phi_m \downarrow \left(\Phi_m = \Phi_{m_1} - \Phi_{m_2} \right) \Rightarrow E_1 \downarrow \left(E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m \right) \Rightarrow I_1 \uparrow \left(I_1 = \frac{U_1 - E_1}{Z_1} \right)$$

Fig. 3

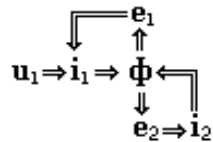


Fig. 2

În schema din fig. 3 săgețile verticale \uparrow și \downarrow semnifică majorarea, respectiv micșorarea valorii mărimii căreia i 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 a 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 acestora 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 și, ca urmare, fluxul magnetic util rezultant Φ_m se va micșora din cauza majorării componentei Φ_{m2} , care este proporțională cu I_2 . În consecință, se va micșora t. e. m. E_1 și, în final, curentul din primar I_1 se majorează. Deci, în concluzie, majorarea sarcinii (micșorarea impedanței Z_S) transformatorului determină nu doar creșterea intensității curentului I_2 în circuitul secundar, ci, în final, și majorarea curentului primarului. Evident, în baza acestor explicații, este ușor de analizat situația micșorării sarcinii transformatorului (chiar și fără a 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 mărimile E și r ale unei surse de curent (vezi dependența $U = f(I)$ din fig. 4,b).

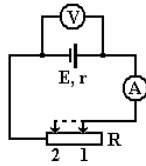


Fig. 4,a

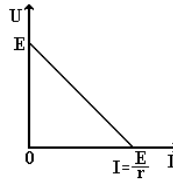


Fig. 4,b

Experimental, se stabilește că schimbarea poziției cursorului reostatului determină modificarea indicațiilor ampermetrului și a 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 integră poate fi redată cu schema logică prezentată în fig. 5 și care necesită următoarele comentarii de concretizare. Deplasarea cursorului reostatului din poziția 1 în poziția 2 determină micșorarea lungimii active (parcuse de curent) a conductorului reostatului, deci se micșorează rezistența R a porțiunii active (parcuse de curent) a reostatului, dar aceasta determină majorarea curentului în circuit. Valoarea tensiunii măsurate de voltmetru se micșorează liniar (vezi fig. 4,b).

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

Fig. 5

Studiul dependențelor dintre mărimile 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, în continuare prezentăm câteva situații, care pot fi descrise cu ajutorul schemelor logice, gradul de complexitate al cărora crește de la un caz la altul, dar, în același timp, oricare schemă următoare 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 așa o manieră, încât acestea se repetă dar cu alte valori ai parametrilor care intervin.

Spre exemplu, pentru analiza proceselor care însoțesc fenomenul de autoexcitare a generatoarelor 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 autoexcitație. Se consideră funcționarea în gol a generatorului de curent continuu cu excitație derivație, 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 autoexcitație. Rezultatul acestui proces, de obicei, se prezintă prin caracteristica de funcționare în gol $e = f(\varphi)$. Dacă polii principali ai generatorului au un flux magnetic remanent Φ_r , atunci, ca urmare a mișcării rotorului cu turația n , la bornele acestuia se obține t. e. m. remanentă e_r , determinată 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. în circuitul de excitație apare 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, $R_t < R_{cr}$). Solenția bobinei de excitație $w_e i_{e_0}$ creează un flux de excitație Φ , care trebuie să fie de același sens cu fluxul remanent Φ_r . Ca urmare, fluxul rezultat Φ_{rez} se majorează, astfel determinând creșterea t. e. m., $e > e_r$, iar aceasta la rândul său determină 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:

$$e = R i_e + \frac{d(L i_e)}{dt}$$

în care L_i este suma inductivităților proprii ale înfășurărilor indusului și inductorului. Procesul de autoexcitare se încheie când $\frac{d(L i_e)}{dt} = 0$, situație în care $e = E_0$ și $i_e = I_{en}$.

Schema logică simplificată a procesului de autoexcitație a generatorului analizat poate fi prezentată ca în fig. 6.

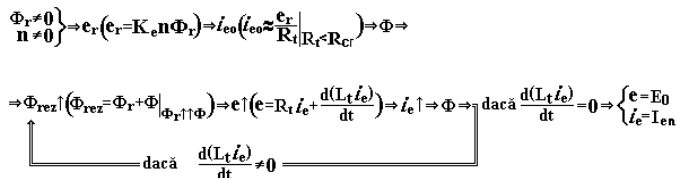


Fig. 6

Se va aduce încă un exemplu. Se analizează transportarea energiei electrice la distanță, situație în care este avantajos să se folosească tensiuni înalte. A fost elaborată schema logică pentru cazul în care se pune condiția ca pierderile de putere ΔP să rămână constante (fig. 7).

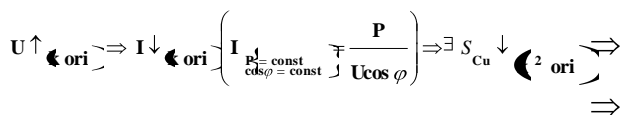
Explicativă. Dacă puterea activă care trebuie transportată este $P = IU \cos \varphi$, creșterea tensiunii liniei (de exemplu de la U la kU ($k > 1$)), permite micșorare de la I la I/k a intensității curentului de linie, întrucât (în condiția în care $P = \text{const.}$ și $\cos \varphi = \text{const.}$):

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

Micșorarea de k ori a intensității curentului face posibilă micșorarea de k^2 ori a secțiunii transversale S_{Cu} a conductoarelor liniei (considerate, pentru concretețe, confecționate din cupru). (Se va reține că această micșorare este echivalentă cu majorarea lungimii liniei de k^2 ori.) *Possibilitatea* micșorării 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, micșorarea secțiunii conductoarelor liniei determină o importantă economie de material conductor (micșorarea masei acestuia de k ori), deci o construcție mai ușoară a liniei (spre exemplu, pentru liniile aeriene – număr mai mic de piloni, cheltuieli de transport reduse ș. a.). În al doilea rând, aceasta determină 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 $k^2 R$ a rezistenței conductoarelor liniei), deoarece:

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

\Rightarrow



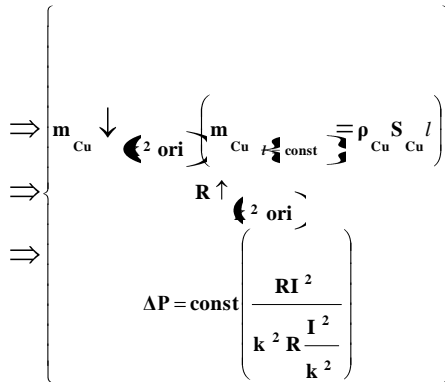


Fig. 7

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 întrebări 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 condiția 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 acestuia 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 în enunțul întrebării se indică *de câte ori se modifică valoarea unei mărimi*, schemele logice se folosesc pentru determinarea valorilor altor mărimi.

Schemele logice pot fi destul de utile în cadrul rezolvării problemelor calitative care au enunțul de tipul: *explicați, 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, în unele situații, se recomandă 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 este în strânsă legătură și chiar este determinat de folosirea noțiunii de funcție.

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

Deseori, între două sau mai multe mărimi există o anumită *corespondență (concordanță) funcțională*, exprimată printr-o relație, și această corespondență (concordanță) scoate în evidență și reliefează esența fenomenului fizic, dezvăluie dependența cauză-efect dintre acestea.

De exemplu, corespondența funcțională dintre presiunea P și volumul V ale gazului ideal la temperatură constantă se exprimă cu relația: $PV = const$.

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 $T = const$.
- ☞ explicați, este posibil ca presiunea gazului să se micșoreze de trei ori în condițiile în care volumul acestuia se micșorează de trei ori și $m = const$, $T = const$?

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

Astfel de legături cauză-efect (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.

Există însă situații în care între mărimile fizice *raporturile nu sunt reciproce*. Un caz foarte elocvent în acest sens îl prezintă funcționarea mașinii electrice în regim de frână, în care energia electrică absorbită de la rețea și energia mecanică de la arbore sunt transformate în căldură. Evident, acest proces este *unidirecțional* și nu poate fi inversat: transmiterea de căldură mașinii electrice nu reduce sistemul la starea inițială. Un alt exemplu: între viteza de mișcare a unui glonț într-un mediu dens și temperatura glonțului există o dependență funcțională. Cauza încălzirii glonțului este mișcarea acestuia, și nu invers – încălzirea glonțului nu determină apariția mișcării acestuia.

Este important și necesar însă să deosebim situațiile în care existența între mărimi a unei corespondențe funcționale exprimate printr-o relație nu semnifică și existența dependenței cauză-efect dintre acestea. Deci, nu oricare formulă/relație dintre mărimile fizice exprimă și o dependență cauză-efect dintre acestea. Într-un șir de cazuri, înscrierea analitică reflectă doar o anumită concordanță dintre mărimile fizice. În calitate de exemple care ilustrează acest fapt se prezintă relațiile de calcul a mărimilor fizice, care de fapt reprezintă relații de definire: a densității materialelor ($\rho = \frac{m}{V}$), a căldurii specifice de topire ($\lambda = \frac{Q}{m}$) și altele.

Din prima relație s-ar părea că rezultă dependența $\rho = f(V)$ pentru $V = const$, însă această afirmație, fiind corectă matematic, este totalmente greșită din punctul de vedere al fizicii. Aceleași sugestii pot fi prezentate și pentru relația de definire a căldurii specifice de topire.

Este foarte important ca studenții să înțeleagă foarte bine că nu oricare formulă/relație, care leagă unele mărimi fizice, prezintă și o oarecare dependență de cauzalitate-efect dintre

acestea. În multe situații, relația analitică reflectă doar o anumită corespondență/raport dintre aceste mărimi fizice.

Schemele logice pot contribui substanțial la însușirea corectă și temeinică a noțiunilor de bază ale fizicii, la excluderea tratării greșite a unor relații dintre mărimi.

Dintre astfel de relații, cea mai „clasică” (dacă e să ne referim la electricitate, curent continuu) este relația cu care poate fi determinată rezistența unui rezistor (sau rezistența unei porțiuni de circuit), folosind legea lui Ohm. Pentru o porțiune pasivă de circuit de curent continuu, se scrie: $r = \frac{U}{I}$, de unde, uneori, eronat se trage concluzia că rezistența (denumită

uneori ohmică) rezistorului (sau a porțiunii de circuit) este funcție de parametrii U și I . Vom atenționa că situația este cu totul alta în cazul în care este vorba despre un element din circuitul de curent alternativ.

Încă o greșeală, frecvent comisă. Pentru un circuit simplu de curent continuu se poate scrie următoarea relație: $R = \frac{E}{I} - r$, din care, evident, nu rezultă dependența rezistenței R de parametrii E , I și 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 deloc nu rezultă 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.

Unele concluzii și recomandări

Elaborarea și folosirea schemelor logice în cadrul studierii fizicii/electrotehnicii oferă posibilitate să facem următoarele concluzii:

- ☞ schemele logice contribuie la crearea unei imagini integrale despre fenomenul pus în discuție (în particular, o legitate, o relație dintre mărimi, în final, chiar o temă sau un ciclu de teme);
- ☞ schemele logice scot în evidență scopurile operative și finale ale procesului de cunoaștere, ceea ce direcționează procesul de învățare și contribuie la însușirea adâncă a informației și obținerea conștientă a cunoștințelor;
- ☞ schemele logice evidențiază frumusețea și strictețea/exactitatea logică a legităților fizice, ceea ce poate substanțial contribui la motivează procesul de învățare;
- ☞ schemele logice facilitează divizarea materiei de studiu în porții principale/de bază și auxiliare/suplimentare, determină necesitatea includerii sau excluderii unor elemente în/din analiză;

☞ schemele logice contribuie la crearea și formarea unui sistem bine fundamentat și argumentat de promovare a experimentului fizic.

În cadrul lecțiilor, în scopul economisirii timpului de trasare a schemelor logice și evitării erorilor, se recomandă folosirea calculatorului pentru afișarea acestora, sau (unde nu există această posibilitate) – folosirea placardelor.

Este foarte important de menționat utilitatea folosirii schemelor logice în cadrul lecțiilor de totalizare/sinteză a unui capitol/ciclu de teme. În aceste situații se prezintă doar informația de esență/reper, fără deducerea relațiilor sau determinarea semnificației fizice a fiecărei mărimi etc.

Schema logică reprezintă o simplificare intenționată a proceselor și fenomenelor, însă acestea, de obicei, se pun în discuție în cadrul tratării riguroase a problemei. Spre exemplu, în cadrul analizei funcționării în gol a transformatorului, inițial, folosind schema logică din fig. 1, nu se insistă asupra unor așa aspecte importante cum ar fi pierderile de putere prin curenți turbionari și prin histerezis, existența fluxului de dispersie, variația în general nesinusoidală a curentului și altele. Aici se urmărește înțelegerea în linii mari a proceselor care stau la baza acestui regim de funcționare, ca mai apoi să se treacă la o analiză detaliată, în care, pe rând, se iau în calcul aspectele amintite.

În cadrul prezentării informației la lecții pot apărea situații în care este necesar să se revină la unele noțiuni studiate anterior, dar care nu au fost însușite temeinic. De exemplu, în cazul analizat se pot relua informațiile despre condițiile de apariție a t. e. m. de autoinducție și expresia acesteia, despre aplicarea legii inducției electromagnetice, despre metodele de calcul a circuitelor magnetice, precum și alte aspecte. În unele situații pot fi utile și prezentarea unor experiențe care oglindesc anumite legi.

În baza schemei logice analizate pot fi propuse întrebări adăugătoare, pentru analiză individuală, care conțin elemente de cercetare, cum ar fi (referitor la fig. 1):

☞ determinați condițiile de apariție a variației nesinusoidale în timp a curentului unei bobine cu miez feromagnetic, la alimentarea acesteia cu tensiune sinusoidală; construiți graficul funcției $i = i(\omega)$.

☞ stabiliți mărimile de care depind pierderile în fier (prin curenți turbionari și prin histerezis) ale transformatorului; propuneți metode de micșorare ale acestora.

Este util de amintit că studiul fenomenelor și proceselor care au loc în transformatorul electric se face în baza analizei unui transformator idealizat, în scopul excluderii unui șir de fenomene de importanță nesemnificativă pentru această situație.

Pentru exemplificare, poate fi propusă realizarea analizei rezultatelor experienței care urmărește scopul de a determina parametrii unei bobine într-un circuit de curent alternativ în regim permanent sinusoidal. Se consideră două cazuri în care curentul efectiv din circuit este același: I – bobină fără miez; II – bobină cu miez feromagnetic.

În scopul verificării gradului de înțelegere a fenomenelor se formulează întrebarea: de ce în cazul al doilea, pentru a stabili același curent, trebuie să se aplice o tensiune mai mare decât în primul caz? În cadrul explicației inevitabil apar și alte întrebări: inductivitatea bobinei, pierderile electrice și magnetice din circuit, semnificația fizică a rezistenței bobinei ș. a.

În final, vom constata că există o analogie formală dintre schema logică și harta conceptuală, adoptată în cadrul tehnologiilor moderne de învățare.