

# MATEMATICA, UN INSTRUMENT INDISPENSABIL ÎN MODELAREA, SIMULAREA ȘI OPTIMIZAREA SISTEMELOR ELECTRICE

**Autori:** Ionela CATA<sup>1</sup>, Orlando-Alex CHIRITESCU<sup>2</sup>, Alexandra-Stefania POPESCU<sup>3</sup>  
[cataionela10@yahoo.com](mailto:cataionela10@yahoo.com)

**Coordonator:** Conf.univ.dr.ing. Liliana SAMOILĂ<sup>4</sup>, Conf.univ.dr.ing. Ilie UȚU<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: E31

<sup>2</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: SE, anul II

<sup>3</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: E31

<sup>4</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., Departamentul:A.C.I.E.E.

## Rezumat

În Electrotehnică se studiază fenomenele electrice și magnetice din punctul de vedere al aplicației tehnice. Ea constituie pregătirea teoretică de bază a inginerilor de la toate specializările de profil electric. Cunoașterea umană face apel la mai multe tipuri de modele. În lucrare se prezintă în ce măsură și cum matematica intervine în studiul sistemelor electrice. Sunt prezentate modele și simulări în Matlab pentru studiul cuadripolilor electrice. Sunt abordate principalele metode de modelare și simulare a sistemelor electrice. De asemenea sunt prezentate aspecte privind algoritmi de optimizare utilizați în ingineria electrică

## Cuvinte cheie

*Electrotehnică, matematică, modelare, simulare*

### 1. Introducere

Pentru cursul de Bazele electrotehnicii, sunt utilizate unele capitole de matematică, pe care le enumerăm, în continuare.

a) Analiza matematică (integrale duble și triple, integrale curbilinii de spețele I și a II-a, integrale de suprafață de spețele I și a II-a, formula lui Stokes, formula Gauss-Ostrogradski, ecuații diferențiale, sisteme de ecuații diferențiale, ecuații cu derivate parțiale.)

b) Teoria câmpurilor (câmp scalar, câmp vectorial, operatorii gradient, rotor, divergență, derivata substanțială a unei funcții definite printr-o integrală de suprafață de speța a II-a).

c) Ecuațiile fizicii matematice (ecuația lui Laplace, ecuația lui Poisson, ecuația undelor, ecuația lui Helmholtz, problema lui Dirichlet, problema lui Neumann).

d) Analiza complexă (reprezentarea unei funcții sinusoidale printr-un număr complex).

e) Serii Fourier (seria Fourier, integrala Fourier, transformata Fourier).

f) Calcul operațional (transformata Laplace).

g) Funcții speciale (funcțiile lui Bessel).

În viziunea actuală, Bazele electrotehnicii sunt formate din două părți mari:

- Teoria câmpului electromagnetic
- Teoria circuitelor electrice.

Vom arăta în continuare în ce măsură Matematica intervine în cele două părți mari ale Bazelor electrotehnicii.

Asupra câmpului electromagnetic se pot formula două categorii de probleme:

a) probleme de analiză (calcul sau determinare) a câmpului electromagnetic, la care, fiind date domeniul de existență a câmpului, distribuția spațio-temporală a surselor câmpului și celelalte condiții de unicitate asociate, se cere determinarea perechilor de mărimi de stare macroscopică a câmpului electromagnetic: (E, D) și (H, B).

b) probleme de sinteză a câmpului electromagnetic, la care se presupune cunoscută repartiția spațială și evoluția în timp a câmpului electromagnetic în domeniul său de definiție și se cere determinarea corespunzătoare a surselor câmpului.

Formularea corectă a unei probleme de analiză a câmpului electromagnetic macroscopic presupune, în primul rând, definirea fenomenologiei de bază a problemei, stabilirea modelului ei fenomenologic. Urmează apoi obținerea unui model matematic de câmp electromagnetic. Acesta poate fi în principiu, de tip diferențial, variațional sau integral. Rezolvarea sa, în vedere obținerii soluției problemei, se poate efectua pe cale analitică sau numerică.

Metodele analitice sunt cele mai riguroase, în domeniile lor de aplicabilitate, dar devin rapid inutilizabile la creșterea complexității problemelor.

Metodele numerice s-au impus recent, datorită dezvoltării impetuoase a tehnicii de calcul. Comparativ cu metodele analitice, cele numerice prezintă o arie de aplicabilitate mult mai mare. Ele permit obținerea unor rezultate cu precizia dorită, pentru problema de câmp abordată.

Reuniunea dintre un model matematic de câmp electromagnetic și o metodă numerică de rezolvare a acestuia conform unui algoritm programabil definește un model numeric de câmp electromagnetic. Se ajunge astfel la o disciplină de graniță matematico-inginerească, numită analiza numerică a câmpului electromagnetic.

Teoria circuitelor folosește și ea din plin metodele matematice pentru soluționarea problemelor legate de circuitele electrice. Circuitele electrice pot funcționa în diverse regimuri: de curent continuu, de curent alternativ sinusoidal, în regim nesinusoidal, în regim tranzitoriu. Și în cadrul Teoriei circuitelor electrice există două categorii de probleme: de analiza circuitelor electrice și de sinteza circuitelor electrice.

Importanța Teoriei circuitelor electrice este evidentă, având în vedere producerea, transportul și utilizarea energiei electrice, în toate aspectele ei. Din acest motiv, la predarea cursului de Bazele electrotehnicii se insistă pe acest capitol, atât pe teorie, cât și pe aplicații.

Dezvoltarea, de-a lungul timpului, a științelor fizico-tehnice s-a bazat pe *modelul matematic* care exprimă sub formă de relații matematice legăturile existente între diferite mărimi sau cantități ce prezintă interes pentru funcționarea sistemului. Complexitatea unui model matematic este dictată, în general, de precizia dorită în descrierea comportării sistemului, în sensul că un model simplu neglijează sau idealizează anumite aspecte.

Prin intermediul simulării numerice se pot desfășura experiențe sau experimente de simulare care nu necesită niciun fel de manipulare fizică a sistemului concret studiat. Astfel, experimentele de simulare înlătură limitările experiențelor practice, cu acțiune nemijlocită asupra sistemului fizic, despre care s-a vorbit anterior. Trebuie însă subliniat faptul că informațiile furnizate de experimentele de simulare depind de *calitatea modelului matematic* utilizat, adică de fidelitatea cu care acest model surprinde elementele specifice comportării reale. Din acest motiv, problema construcției unor modele performante, cât mai precise, deține o poziție cheie în dezvoltarea actuală a științelor fizico-tehnice.

## 2. Modelarea și simularea cuadripolilor electrice

Un cuadripol este o rețea electrică care are patru borne de acces cu exteriorul, iar laturile interioare nu prezintă cuplaje magnetice cu exteriorul.

Dacă se considera cuadripolul din figura 1, având bornele de intrare 1—1' și bornele de ieșire 2—2', se poate demonstra că între mărimile de intrare ( $\underline{U}_1, \underline{I}_1$ ) și mărimile de ieșire ( $\underline{U}_2, \underline{I}_2$ ) există relațiile :

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{A} \cdot \underline{U}_2 + \underline{B} \cdot \underline{I}_2 \\ \underline{I}_1 &= \underline{C} \cdot \underline{U}_2 + \underline{D} \cdot \underline{I}_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Coeficienții  $\underline{A}$ ,  $\underline{B}$ ,  $\underline{C}$  și  $\underline{D}$  sunt mărimi complexe și se numesc parametrii fundamentali ai cuadripolului.

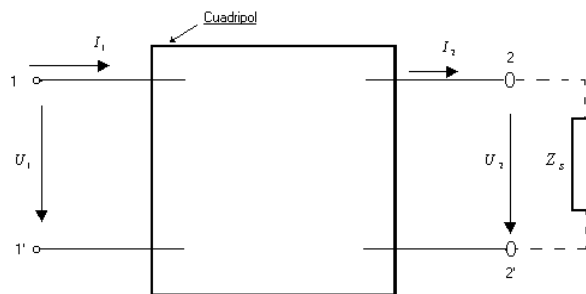


Fig. 1 Cuadripol

Relația (1) reprezintă forma fundamentală a ecuațiilor cuadripolului. Se poate vedea imediat că parametri  $\underline{A}$  și  $\underline{D}$  sunt mărimi adimensionale,  $\underline{B}$  are mărimea unei impedanțe, iar  $\underline{C}$  are dimensiunea unei admitanțe.

Între constantele cuadripolului pasiv există o relație importantă :

$$\underline{A} \cdot \underline{D} - \underline{B} \cdot \underline{C} = 1 \quad (2)$$

numită condiție de reciprocitate.

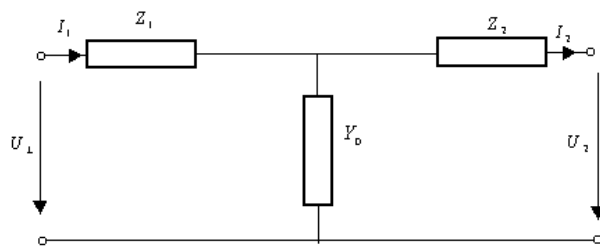
Deoarece cele patru constante ale cuadripolului sunt legate prin condiția de reciprocitate (2), rezultă că numai trei dintre ele sunt independente.

Cuadripolul poate fi înlocuit deci cu o schemă echivalentă care trebuie să conțină numai trei elemente.

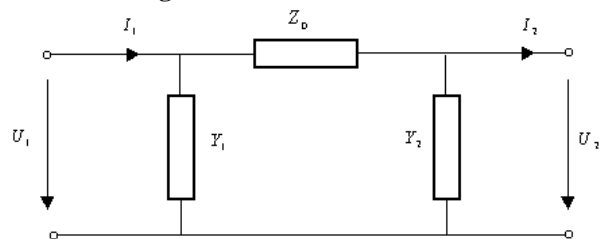
Sunt posibile două scheme echivalente: schema în  $T$  (fig. 2) și schema în  $\Pi$  (fig. 3)

Fie sistemul constituit din circuitul electric din fig. 4 privit ca sistem cu orientarea de la  $u_1 > u_2$ . La momentul inițial, condensatorul este încărcat cu tensiunea  $u_{c0}$  iar curentul prin circuit este  $i(0)=0$ .

Circuitul din figură este un sistem de tip SISO (o singură intrare și o singură ieșire) și este modelat în cadrul lucrării ca un sistem fizic în timp continuu (STC).

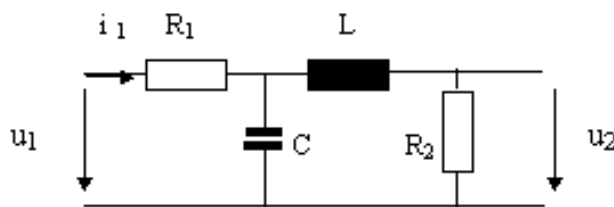


**Fig. 2** Schema echivalentă în T



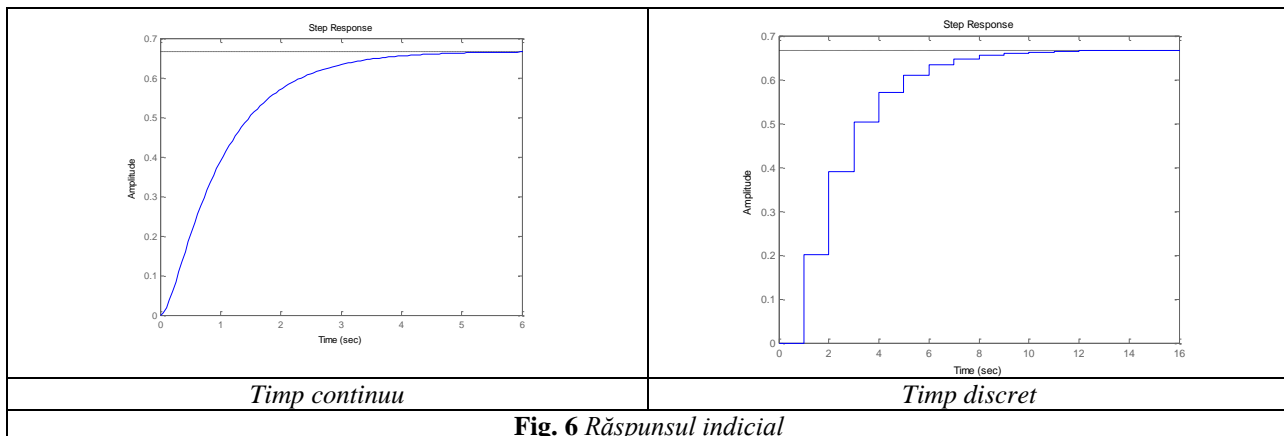
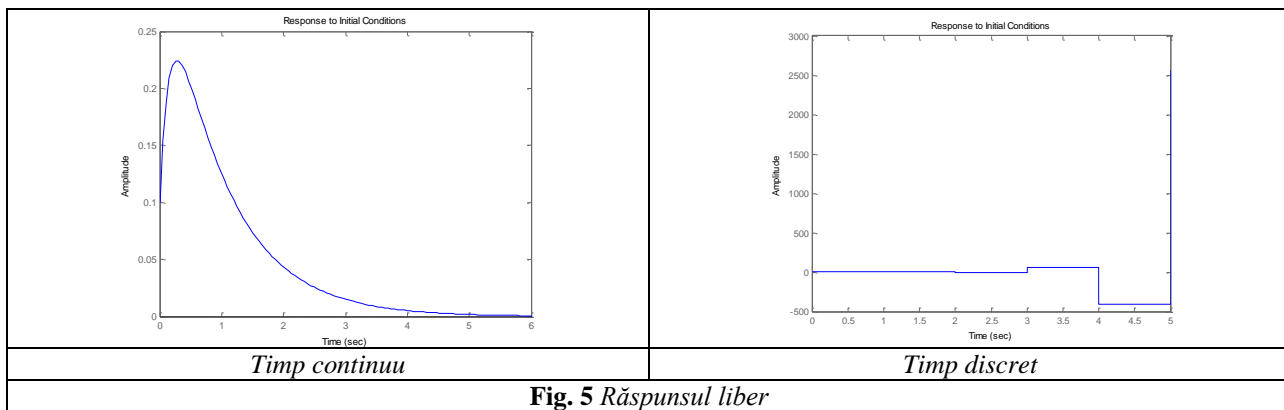
**Fig. 3** Schema echivalentă în Pi

Notam  $i_c$  curentul prin condensator și  $u_c$  tensiunea condensatorului iar  $i_L$  și  $u_L$  curentul și tensiunea prin bobina.

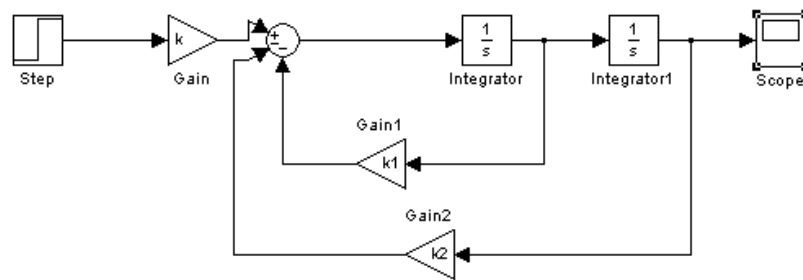


**Fig. 4** Sistem cu orientarea  $u_1 \rightarrow u_2$ ,  $u=u_1$ ,  $y=u_2$

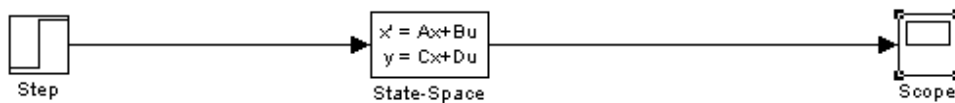
Pentru simulare se consideră niște valori alese aleator:  $L=3$  H;  $C=0,15$   $\mu$ F;  $R_2=2$  k $\Omega$ ;  $R_1=1$  k $\Omega$ . Am realizat modelul matematic în Matlab. Rezultatele simulării sunt prezentate în fig. 5 și 6..



Schema Simulink pentru răspunsul indicial (la semnalul treaptă) pentru modelul matematic Intrare – Ieșire MM-II este:



Schema Simulink pentru răspunsul indicial (la semnalul treaptă) pentru modelul matematic Intrare – Stare - Ieșire MM-ISI este:



### 3. Aspecte generale privind problemele de optimizare

În cadrul etapelor de proiectare (design), optimizarea a devenit o componentă necesară, obligatorie, atunci când se impun cerințe de performanță a produsului realizat.

Optimizarea reprezintă în cazul general acțiunea de obținere a celui mai bun rezultat în anumite condiții impuse.

Problemele de optimizare pot fi descrise, clasificate în mai multe feluri, în funcție de diverse moduri de abordare:

A) pe baza existenței constrângerilor: optimizări cu ori fără constrângeri -problemele fără constrângeri prezintă funcție obiectiv dar lipsesc constrângerile aplicate variabilelor. Ajustarea datelor măsurate ori calculate, data fitting, este un domeniu tipic al acestui gen de optimizare. Funcția obiectiv trebuie să fie obligatoriu una neliniară, deoarece minimum unei funcții liniare fără constrângeri este  $-\infty$ .

B) pe baza naturii variabilelor de design (variabile de proiectare) se definesc două tipuri importante:

- optimizarea parametrilor (optimizare statică): problema este aflarea valorilor pentru setul de parametri de proiectare care formează un set de funcții prescise, supuse unor constrângeri
- optimizarea traiectoriei (optimizare dinamică) : problema este aflarea setului de parametri de proiectare, care sunt funcții continue de alți parametri, care minimizează funcția obiectiv supusă unui set de restricții

C) pe baza structurii fizice a problemei se definesc două grupe:

• control optimal: sunt probleme de programare matematică ce presupune mai multe etape, unde fiecare etapă este determinată de cea precedentă într-un mod prescriptibil. Sunt descrise de două tipuri de variabile: cele de stare și cele de control. Variabilele de control (variabilele de design) trebuie să minimizeze toate funcțiile obiectiv (indicele de performanță) supuse la setul de restricții, la nivelul tuturor etapelor care definesc procesul.

• controlul suboptimal: nu minimizează întregul set de variabile pe la nivelul tuturor etapelor din proces. De multe ori în problemele practice de inginerie, adoptarea tehnicilor suboptimale poate simplifica remarcabil soluția problemei, pătrund un nivel de performanță impus inițial

D) pe baza naturii ecuațiilor modelului matematic: expresiile matematice ale funcției obiectiv ori ale constrângerilor au permis dezvoltarea mai multor metode de rezolvare specifice claselor de probleme următoare: liniare, neliniare, geometrice ori pătratice (quadratic):

-optimizarea liniară (programarea liniară): când funcția obiectiv și toate constrângerile sunt de tip liniar.

- optimizarea pătratică (programare pătratică): dacă funcția obiectiv este de tip pătratic iar toate constrângerile sunt de tip liniar. Metodele de rezolvare permit extinderea celor elaborate pentru optimizarea liniară.

- optimizarea neliniară (programarea neliniară): unde una sau mai multe restricții, constrângeri sunt de tip neliniar.

E) pe baza valorilor permise variabilelor de design: problemele se împart în două categorii:

- cu variabile întregi
- cu variabile reale

F) pe baza naturii de tip deterministic a variabilelor:

- deterministe
- stohastice

G) pe baza separabilității funcțiilor:

• probleme separabile dacă funcțiile ce descriu problema sunt separabile, adică pot fi descrise ca sumă de  $n$  funcții de unică variabilă

• probleme inseparabile dacă funcțiile modelului matematic nu sunt separabile

H) pe baza numărului funcțiilor obiectiv:

- probleme cu unică funcție obiectiv

- probleme multiobiectiv

Clasificarea propusă până acum este una derivată din aspectele matematice ori fizice ale modelelor pe baza cărora se obțin soluțiile optimale. Este utilă de amintit și clasificarea propusă în cadrul toolbox-ului de optimizare MATLAB, respectiv:

- algoritmi standard de optimizare
- algoritmi de optimizare de dimensiune mare (large scale).

De asemenea metodele clasice de optimizare pot fi grupate în două categorii principale:

• metode neiterative (într-un singur pas) – utilizează operatori derivative și folosesc proprietățile de derivabilitate, convexitate ale funcției obiectiv

- metode iterative – utilizează algoritmi numerici iterativi de aflare a optimului.

Startul metodei îl reprezintă o valoare inițială aleasă arbitrar din spațiul de căutare iar ulterior se calculează la fiecare iterație o nouă soluție a problemei. Metodele iterative se împart la rândul lor în două categorii:

- metode de căutare directă
- metode de gradient (de coborâre) - care reprezintă în prezent cele mai cunoscute și utilizate metode de optimizare

Pentru formularea problemei de optimizare se parcurg mai multe etape:

- -se selectează una sau mai multe variabile de optimizare (variabile de design)
- -se alege funcția obiectiv
- -se identifică setul de constrângeri

Algoritmul de rezolvare a unei probleme de inginerie electrică se face conform fig. 7.

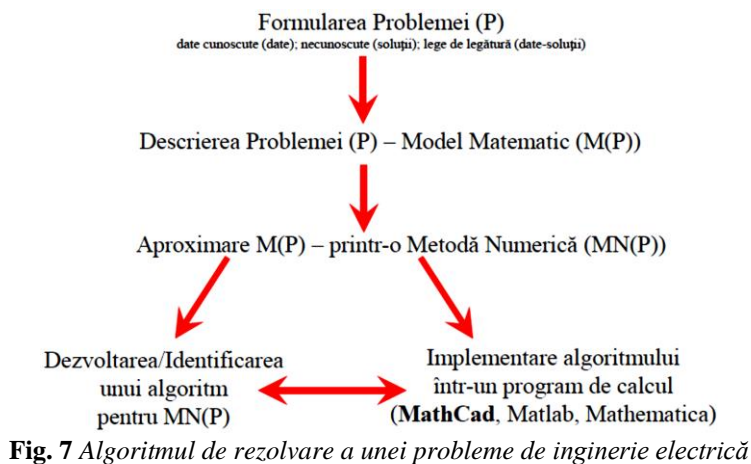


Fig. 7 Algoritm de rezolvare a unei probleme de inginerie electrică

#### 4. Concluzii

Pentru un model matematic, rezolvabilitatea cere ca problema matematică asociată să fie:

- bine pusă: existența, unicitatea, stabilitatea soluției;
- bine condiționată: la mici variații ale datelor (erori experimentale sau erori de rotunjire în reprezentarea numerică a datelor) corespund mici variații ale rezultatelor.

În metodele de analiza numerică se disting două aspecte:

1. Metodologia: tratează construcția algoritmilor specifici, eficiențelor, implementarea pe un calculator( aspect practic);

2. Analiza: studiază și estimează erorile și convergența metodelor (aspect teoretic).

Fără a subestima importanța soluțiilor analitice, majoritatea problemelor de inginerie electrică nu admit decât soluții numerice.

În activitatea concretă de determinare a acestora, inginerul este obligat să cunoască și să stăpânească aspectele legate de aproximări și erori, de influența lor asupra rezultatelor.

În practică, situațiile în care se definesc problemele sunt complexe deoarece numărul variantelor/strategiilor poate fi foarte mare, numărul obiectivelor poate fi și el foarte mare, iar unele dintre acestea sunt incompatibile. În aceste situații, pentru a putea formula corect o problemă este necesar să se cunoască cine ia decizia, ce variabile (parametri) putem controla și între ce limite. Modul de formulare al problemelor de optimizare, respectiv rezolvarea matematică corespunzătoare a acestora, depind de datele (informațiile) de care se dispune la momentul respectiv cu privire la diferitele rezultate posibile. Familiarizarea cu astfel de aspecte practice este mai mult decât o abilitate de calcul ce se dezvoltă în special în matematică. Ea presupune înțelegerea modelului matematic, a tehnicilor de optimizare care trebuie utilizate și o deprindere spre rezolvarea problemelor complexe în diferite contexte.

#### Bibliografie

[1]. Bobric E.C., Cârțină Gh., Grigoraș Gh., Tehnici de optimizare în energetică, Editura Didactică și pedagogică, Bucuresti, 2008.

- [2]. Buta A., Pană A., Jude A., Aplatizarea curbelor de sarcină, mijloc de eficientizare asistemelor de energie, *Energetica*, 2004, Nr. 11, pp. 484 – 486.
- [3]. Grigoraș Gh., *Metode numerice. Aplicații în Matlab*, Vol. II, Editura PIM, Iasi, 2012
- [4]. Trandafir R., *Modele și algoritmi de optimizare*, Editura AGIR, București, 2004.
- [5]. Popa V. M. - *Matematica și Bazele electrotehnicii*, *Educația Matematică* Vol. 1, Nr. 1 (2005), pag. 67–76
- [6]. G. Mîndru, ș.a, *Modelarea numerică a câmpului electromagnetic*, vol. 1, 2, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1995.
- [7]. E. Simion, ș.a, *Teoria circuitelor electrice*, vol. 1, 2, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1996.
- [8]. O. Stănășilă, *Matematici speciale*, Editura All, București, 2001.
- [9]. V.M. Popa, *Bazele electrotehnicii*, Editura Alma Mater, Sibiu, 2002.
- [10]. D.D. Micu, A. Ceclan - *Metode numerice. Aplicații în ingineria electrică*, Ed. Mediamira, 2007
- [11]. G. Ciuprina – *Algoritmi numerici pentru calcule științifice în ingineria electrică*, Ed. MatrixROM, 2013
- [12]. <https://docplayer.gr/94805216-Vii-2-probleme-rezolvate.html>
- [13]. <http://www.gheorghe-grigoras.ieceia.tuiasi.ro/SDOE/indrumar.pdf>
- [14]. [https://users.utcluj.ro/~czumbil/documents/mn-bistrita/MN\\_Bistrita\\_Curs\\_01.pdf](https://users.utcluj.ro/~czumbil/documents/mn-bistrita/MN_Bistrita_Curs_01.pdf)

# STUDIUL PRIVIND PROBLEMELE CARE APAR ÎN TIMPUL FUNCȚIONĂRII LA GENERATOARELE DIN CADRUL HIDROCENTRALELOR

**Autori: Ionela CĂȚA<sup>1</sup>, Alexandra-Stefania POPESCU<sup>1</sup>, Orlando-Alex CHIRITESCU<sup>2</sup>**  
[cataionela10@yahoo.com](mailto:cataionela10@yahoo.com)

**Coordonator:** Conf.univ.dr.ing. **Ilie UȚU<sup>3</sup>**, Conf.univ.dr.ing. **Liliana SAMOILĂ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: E31

<sup>2</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: SE21

<sup>3</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., Departamentul:A.C.I.E.E.

## Rezumat

Energia produsă în centralele hidroelectrice și serviciile de rețea furnizate impun hidrogenatoarelor participante la sistem stabilitate în funcționare pe tot domeniul de căderi de exploatare și o bandă de reglaj cât mai largă. Exploatarea în condiții de siguranță presupune și supravegherea principalilor parametri de funcționare: tensiuni, curenți, puteri active, reactive, temperatura, debite. Generatorul sincron, ca unitate generatoare de energie electrică, este cea mai importantă parte a sistemului energetic. Din cauza importanței sale, majoritatea anomaliilor care se produc în sistemul energetic sunt reflectate și de generatorul sincron. Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu ce privește defecțiunile care apar în timpul funcționării la generatoarele din cadrul Centralelor hidroelectrice. Sunt identificate problemele și indicat modul de remediere al acestora. Studiul de caz s-a făcut pe hidrogenatoarele de la Centrala Hidroelectrică (CHE) Arpașu din județul Sibiu.

## Cuvinte cheie

*hidrogenerator, defect, reparație*

## 5. Introducere

Generatorul electric este un echipament care transformă energia mecanică în energie electrică.

Funcționarea generatorului electric se bazează pe principiul inducției electromagnetice descoperită în anul 1831 de fizicianul englez Michael Faraday.

Faraday a descoperit că dacă un conductor electric (o bobină) se mișcă în câmpul magnetic (al unui magnet de exemplu), în acest conductor se va induce un curent electric. În acest mod funcționează micile generatoare de curent denumite magnetouri.

Același fenomen se produce dacă ținem pe loc conductorul (bobina) și mișcăm magnetul creând un câmp variabil în jurul conductorului.

Pentru generarea de puteri electrice mari (cazul generatoarelor din centralele electrice) nu este posibil a se utiliza magnetii permanenți pentru producerea câmpului magnetic și ca urmare se folosesc electromagneți, utilizând două soluții:

a) o înfășurare bobinată pe un miez din tole de oțel-siliciu, care sta pe loc (stator, respectiv inductor) și în care injectăm curent continuu de intensitate mică (numit curent de excitație), în acest fel generând un câmp magnetic staționar (nu variază în timp), în care se mișcă o altă înfășurare bobinată pe un miez din oțel-siliciu (rotor sau indus), antrenată de un motor primar (de exemplu o turbină sau un motor cu explozie), în această înfășurare inducându-se curent electric.

b) o înfășurare bobinată pe un miez din oțel-siliciu în care se injectează curent continuu și care este rotită de un motor primar, (rotor respectiv inductor), în acest fel creându-se un câmp magnetic variabil (câmp învârtitor), care induce curent electric într-o altă înfășurare bobinată pe un miez din oțel-siliciu, care stă pe loc și care se numește stator (indus).

Hidrogeneratorul este o mașină sincronă cu poli aparenti, care transformă energia mecanică de rotație primită de la turbina hidroelectrică tip Kaplan, în energie electrică, pe care o debitează în rețeaua de curent alternativ.

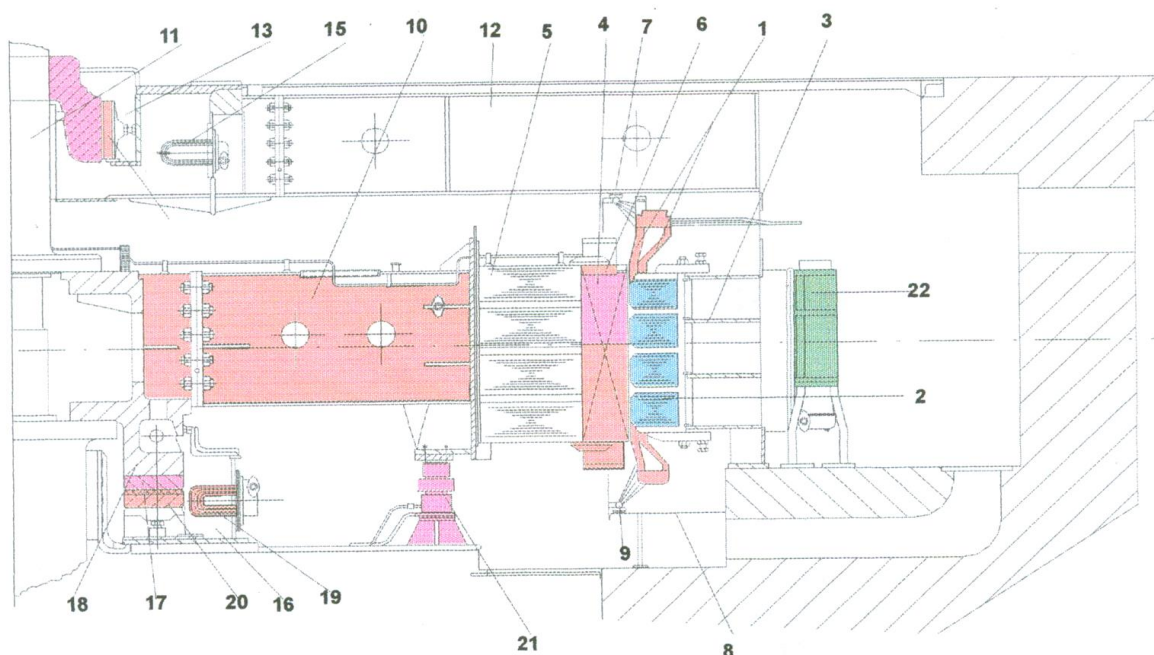
## 6. Studiu de caz la hidrogenatoarele de la CHE Arpașu

Hidroelectrică este unul dintre cei mai importanți producători naționali de energie electrică. Energia de proiect este de 17,38 TWh/an. În instalațiile Hidroelectrică sunt în exploatare un număr de 187 capacități cu o putere de 6.422,17 MW. Cei 6.422,17 MW în exploatare din cadrul Hidroelectrică sunt instalați în 187 centrale și stații de pompare energetice (din care CHE < 10 MW sunt 74 și CHE > 10 MW sunt 108). Numărul de grupuri în exploatare este de 430 (din care 169 în centrale cu putere instalată < 10 MW, 250 în CHE > 10 MW), iar 11 sunt grupuri de pompare.

Am efectuat studiul la Centrala Hidroelectrică Arpașu din județul Sibiu.

CHE Arpașu este de tip centrală - baraj echipată cu 2 hidrogenatoare identice, sincrone, verticale, tip HVS 525/63-56, cu poli aparenti, antrenate fiecare de o turbină hidroelectrică Kaplan - tip KVB 8,3 – 10,33. Hidroagregatele sunt de concepție autohtonă, funcționând de peste 30 ani, HA 1 având până în 31.05.2021 un număr de 125 494 ore de funcționare de la PIF iar HA 2 un număr de 123 236 ore de funcționare de la PIF.

Hidrogeneratorul este de tip vertical sincron, iar soluția constructivă adoptată este de tip umbrelă, cu lagărul axial-radial amplasat în steaua inferioară sub rotorul generatorului și un lagăr radial amplasat în steaua superioară, deasupra rotorului generatorului.



**Fig. 1.** Secțiune transversală prin hidrogeneratorul vertical, tip umbrelă

După aproximativ 30 de ani de la PIF, starea tehnică a hidroagregatelor aferente CHE Arpașu sunt caracterizate prin uzură fizică și morală evolutivă a instalațiilor și echipamentelor, în contextul depășirii perioadei normale de exploatare.

Pe durata de exploatare de la PIF au apărut numeroase evenimente/deficiențe, astfel:

- lagăre generator - pierderi repetate de ulei;
- răcitori de aer generator – colmatare țevi, spargere și blindare țevi pentru izolare aproximativ 30%, pierderi de apă prin sertizări, coroziuni la camerele de apă și plăcile de bază datorate materialului necorespunzător, neetanșări între camere și plăci datorate coroziunii și ruperii garniturilor, ineficiență și fiabilitate scăzută în răcirea aerului din generator etc.;
- răcitori ulei lagăre – colmatare țevi, spargere țevi, pierderi de apă prin sertizări, coroziuni la camerele de apă și plăcile de bază datorate materialului necorespunzător, neetanșări între camere și plăci datorate coroziunii și ruperii garniturilor etc.;
- folosirea unor materiale neperformante, în special pentru partea de etanșare, rezistente la ulei și temperaturi ridicate, în special în perioada de funcționare continuă la viituri sau în sezonul de vară, când apa de răcire nu mai poate asigura condiții de răcire optima;
- concepția de ungere a lagărului axial care necesită ridicarea întregii părți rotitoare înainte de pornirea hidroagregatului, corelată cu fiabilitatea redusă a cricurilor, împiedică procesul de pornire automată și conduce la creșterea duratei de pornire a hidroagregatului;
- ruperea legăturilor de înseriere între polii rotorici ca urmare a proiectării și execuției unei legături scurte și rigide între poli;
- încălzirea mașinii la sarcina nominală peste limitele de temperatură prevăzute de standarde;
- neuniformitatea încălzirii statorului;
- înfundarea canalelor de ventilație;
- neuniformitatea întrefierului;
- deformări ale miezului magnetic datorate imposibilității dilatării radiale a miezului în carcasă;
- slăbirea și desprinderea penelor de închidere a creștăturii;
- scăderea rezistenței de izolație a circuitului statoric;
- vibrații mari ale pachetului de tole și zgomot anormal;
- defectarea termorezistențelor plate pentru puncte de măsură ale temperaturii pe cupru și fier stator generator;
- fiabilitatea scăzută a mecanismelor de frânare-ridicare.

## 7. Probleme, defecțiuni posibile și modul lor de remediere



### **a. Probleme specifice bobinajului statoric**

Defecțiunile care pot apărea în exploatare sunt:

- străpungeri ale izolației (în creștătură sau la capetele frontale). Cele mai frecvente străpungeri sunt localizate la ieșirea din ancoșe sau la marginea pachetelor de tole, spre tensiunea cea mai mare (la ieșirea spre rețea);
- deteriorarea stratului (lacului) conductor sau semiconductor (bara prezintă urme ale descărcărilor parțiale);
- slăbirea împănării;
- murdărirea izolației cu ulei și praf și vibrarea barelor în ancoșe sau căderea lor pe verticală;
- îmbătrânirea izolației;
- supraîncălzirea sau topirea unor legături de înseriere;
- deteriorarea unui număr de termorezistențe.

Punerea la masă este pusă în evidență de protecția aferentă. La prima punere la masă, străpungerea este punctiformă, întrucât curenții sunt foarte mici (capacitivi). În cazul dublei puneri la masă, bobinajul este afectat pe zone mari (afectând și miezul magnetic), întrucât iau naștere curenți de scurtcircuit care se închid local.

Alte forme de manifestare ale defecțiunilor sunt:

- efluvii (descărcări luminiscente) în zona capetelor frontale;
- puncte calde în zona capetelor frontale, datorate contactelor de înseriere imperfecte;
- jocul bobinelor în creștătură (în special după scurtcircuite);
- căderea bobinajului statoric (coborârea pe verticală);
- urme de supraîncălzire (scimbarea culorii izolației în brun închis sau negru);
- valori scăzute ale rezistenței de izolație.

Soluțiile de remediere sunt:

- demontarea și înlocuirea sau remedierea izolației barelor defecte;
- refacerea lipiturilor cu argint – a legăturilor care prezintă urme de încălziri locale;
- uscarea bobinajului (încălzirea în scurtcircuit);
- reîmpănarea bobinajului (eventual cu ridicare și refacere a consolidării capetelor frontale);
- control obligatoriu privind slăbirea împănării bobinelor după scurtcircuite.
- măsurarea descărcărilor parțiale și refacerea stratului de lac conductor (semiconductor).

### **b. Probleme specifice miezului magnetic**

Punctele slabe (defecțiuni în exploatare) sunt:

- slăbirea strângerii miezului, în special în: zona planelor de separație, zona pachetelor, în trepte, de la capete și în zona dinților;
- ruperea unor dinți, datorită vibrațiilor;
- ștrangularea canalelor de ventilație, datorată depunerilor prafului de cărbun și ulei.
- modificarea întrefierului în zona planelor de separație datorată: strângerii deficitare și a deficiențelor din uzină;
- scurtcircuite între tole, în zonele afectate de frecare rotorului de stator.

Formele de manifestare (metodele de depistare):

- zgomet (bâzâit) al miezului (mai ales în zonele punctelor slabe), manifestate mai ales la rece;
- abateri de la forma stator (în special micșorarea întrefierului în zonele planelor de separație);
- încălzire generală a mașinii, datorită ștrangulării canalelor de ventilație;
- slăbirea strângerii în zona dinților (la control se constată pătrunderea, cu ușurință, a unor lamele de spion între degetele de presare și dinți);
- încălziri locale ale miezului (pericol potențial), datorate scurtcircuitelor dintre tole;
- bucăți de dinți rupte

Soluțiile de remediere constau în:

- corectarea strângerii generale și locale (atenție la planele de separație și în zona dinților);
- interstițiile măsurabile din planele de separație se vor completa cu fâșii de cauciuc siliconic sau sticlotextolit;
- porțiunile dinților ruși se completează cu rășini epoxidice (dacă este cazul);
- șlefuirea zonelor care prezintă urme de încălziri locale, prin curățirea cu șaberul a scurtcircuitelor dintre tole și tratarea lor cu soluție acidă pentru refacerea izolației dintre tole.

### **c. Probleme specifice carcasei statorului**

Acestea sunt:

- Slăbirea șuruburilor de fixare pe fundație se remarcă prin vibrații și oscilații ale carcasei la mersul în sarcină. Remedierea se efectuează prin strângerea buloanelor (în cruce).
- Desprinderea unor pene în zonele de îmbinare prin sudură de rafturile carcasei (desprinderea sudurilor). Se vor reface sudurile.

#### d. Probleme specifice circuitului magnetic rotoric

Acestea sunt:

- slăbirea împănării, care se manifestă prin vibrații ale polului, având drept consecință ruperea lipiturilor de înseriere a bobinelor polare. Defecțiunea este caracteristică soluției de împănare cu pene scurte (unde polul nu se așează, de fapt, pe întreaga suprafață de contact cu coroana polară). Se impune tușarea și strângerea din nou a penelor.
- slăbirea strângerii plăcilor. Se impune corectarea strângerii.
- întrefieruri inegale, datorită abaterilor de la forma rotor și stator. Se impune refacerea acestora.

#### 3.5 Probleme specifice bobinelor polare

Principalele defecțiuni și cauzele acestora sunt:

- străpungeri ale izolației dintre spire, datorate supratensiunilor și eforturilor mecanice (vibrații);
- străpungeri față de masă, datorate depunerilor de ulei cu praf de cărbune și îmbătrânirii termice;
- întreruperea legăturilor de înseriere a bobinelor, datorită vibrației polilor (deplasări relative), cât și unor lipituri necorespunzătoare.
- slăbirea izolației față de pol, influențată de umiditate (spargeri de răcitori sau furtune lagăre și praful de cărbune + ulei depus), în special în interstiții.

#### Observații importante:

1. Supratensiunile cele mai mari apar la anclanșarea IO generator cu mașina oprită.
2. Supratensiunile care iau naștere la întreruperea intempestivă a curentului de excitație sunt foarte mari (periculoase).
3. Funcționarea cu o singură punere la pământ rotorică, deși este semnalizată de protecția respectivă, prezintă riscul ca în cazul apariției celei de-a 2 puneri la masă, o parte din circuitul de excitație va fi scos din circulația curentului de excitație, ceea ce are ca efect *un dezechilibru electromagnetic foarte mare*, cu consecințe distructive asupra lagărelor și asupra întregii mașini (pot avea loc chiar frecări ale rotorului de stator).

Remedierea acestor defecte se face prin:

- măsurarea impedanțelor fiecărui pol (cel care are spire în scurtcircuit prezintă impedanța scăzută). Polul defect se repară prin demontarea bobinei.
- măsurarea rezistenței de izolație. În cazul obținerii unei valori sub limita prevăzută în normative se procedează la curățarea depunerilor de praf (separarea circuitului de excitație, inele de contact) și uscarea prin rotire (în gol și excitat).
- refacerea lipiturilor la legăturile de înseriere defecte.

#### 3.6 Probleme specifice coroanei polare

Defecțiunile sunt:

- slăbirea împănării coroanei față de brațele stelei, datorită vibrațelor, împingerii axiale de către circuitele de frânare-ridicare, cât și datorită unor deficiențe de împănare.
- slăbirea strângerii paletelor de ventilație;
- slăbirea strângerii coroanei;

Defecțiunile mai sus menționate se manifestă prin vibrații dependente de turaj și regimurile de exploatare.

Modul de remediere constă în:

- refacerea strângerii și a împănării coroanei, precedată de prelucrarea prin broșarea canalelor și aplicarea unei tehnologii speciale de încălzire prin inducție și batere a penelor
- verificarea paletelor de ventilație și înlocuirea celor care prezintă fisuri;
- refacerea strângerii paletelor de ventilație.

#### 3.7 Probleme specifice lagărului radial

Principalele defecțiuni sunt:

- mărirea jocurilor radiale, ca urmare a funcționării cu vibrații, datorate eforturilor excentrice care provoacă tasări de material (segmenti, buloane);
- deteriorarea unor segmenti (fisuri, rupturi) sau buloane de reazem;
- fisuri ale cuvei de ulei, datorate funcționării cu vibrații;
- defecțiuni ale răcitoarelor (colmatare țevi, scurgeri de apă).

Soluțiile de remediere:

- refacerea jocurilor radiale;
- înlocuirea pieselor deteriorate sau uzate și refacerea jocurilor (eventual sudarea fisurilor cuvei băii de ulei);
- curățarea răcitoarelor de ulei și remedierea defecțiunilor;

Deosebit de importantă este eliminarea cauzelor dezechilibrului (excentricităților), astfel:

- corectarea formei rotor și stator;
- corectarea centrării. Cea mai eficientă este centrarea rotorului în câmpul electromagnetic.

### 3.8 Probleme specifice lagărilor axial

Defecțiunile posibile sunt:

- urme de gripare sau gripare completă a segmentelor;
- rizuri pe suprafața patinei;
- defecțiuni ale răcitoarelor (țevi colmatate, scurgeri de apă).

Formele de manifestare și soluțiile de remediere constau în:

- ritmul de creștere a temperaturii depășește 2-3 °C pe oră pornind de la un regim stabilizat anterior;
- se vor respecta regulile privind exploatarea lagărelor;
- verificarea debitului de apă prin răcitoare;
- demontarea lagărelor și remedierea defecțiunilor.

### 3.9 Deficiențe ale sistemului de ventilație-răcire

Funcționarea necorespunzătoare a sistemului de ventilație-răcire conduce la imposibilitatea încărcării grupurilor la parametri nominali, datorită depășirii limitelor de temperatură. Principalele defecțiuni sunt:

• neetanșeități ale circuitului de ventilație care conduc la scăpări importante de aer, localizarea, în principal, astfel:

- între răcitoare și ramele aferente carcasei;
- pe la capacele scuturilor superioare;
- pe la baza carcasei (între carcasă și șapa de beton).
- stăpungeri ale canalelor de ventilație, în special la stator;
- colmatări ale țevilor de răcire l răcitoarele de aer.

**Măsurile tehnice de îmbunătățire a eficienței răcirii sunt:**

- înlăturarea (eliminarea) tuturor neetanșeităților;
- curățarea depunerilor de praf amestecat cu ulei, localizate în canalele de ventilație. Operația este obligatorie în cadrul lucrărilor de tip RK, prin aplicarea unor tehnologii adecvate și eficiente.
- curățarea depunerilor din interiorul țevilor aferente răcitoarelor de aer. Operația este obligatorie în cadrul lucrărilor de mentenanță anuale și în special după trecerea perioadelor de ape mari.
- Menținerea în stare curată (desfundare periodică) a filtrelor de apă de răcire. Urmărirea permanentă a gradului de înfundare a acestora și intervenție operativă pentru curățire.

## 8. Concluzii

Energia produsă în centralele hidroelectrice și serviciile de rețea furnizate impun hidrogenatoarele participante la sistem stabilitate în funcționare pe tot domeniul de căderi de exploatare și o bandă de reglaj cât mai largă. Exploatarea în condiții de siguranță presupune și supravegherea principalilor parametri de funcționare: tensiuni, curenți, puteri active, reactive, temperatura, debite.

Generatorul sincron, ca unitate generatoare de energie electrică, este cea mai importantă parte a sistemului energetic. Din cauza importanței sale, majoritatea anomaliilor care se produc în sistemul energetic sunt reflectate și de generatorul sincron. Astfel, scurtcircuitele de pe liniile de transport, sau din stațiile de transformare, care se produc lângă centrala electrică se pot observa și la generatorul sincron. Această situație este foarte clar ilustrată într-o situație reală. Sistemul de monitorizare poate înregistra și stoca toți curenții tranzitorii care se produc în generatorul sincron. Astfel, această abordare permite și captarea și înregistrarea anomaliilor din sistemul energetic care pot fi analizate după aceea.

În prezent, tipul și periodicitate măsurătorilor electrice ale parametrilor generatoarelor sincrone în rețeaua națională de transport și distribuție sunt stabilite de documentele PE (prescripții energetice). Aceste documente sunt recomandări și, din nefericire, nu țin cont de soluția cea mai recentă de evaluare a generatoarelor.

În concluzie, se poate spune că metodele de testare și măsurările făcute trebuie să fie aliniate la soluțiile tehnologice noi de pe piață. De asemenea, modernizarea generatorului trebuie să furnizeze soluții pentru echipamente în așa fel încât să se poată face o monitorizare corespunzătoare a parametrilor care indică adevărata stare a echipamentului și pe baza căreia să se poată face o estimare corectă a activităților de mentenanță necesare.

Având în vedere gradul de uzură fizică și morală al echipamentelor și instalațiilor, dat atât de perioada lungă de la punerea în funcțiune, cât și de punctele slabe, în lipsa realizării lucrărilor de modernizare se pot produce evenimente care să afecteze siguranța în funcționare și să conducă la indisponibilizări de durată care să se reflecte în afectarea producției de energie electrică.

La reabilitare se respectă următoarele cerințe privind execuția și tehnologia:

- eliminarea deficiențelor tipice constatate în exploatarea acestui tip de generator;
- valorificarea soluțiilor constructive și tehnologice moderne verificate de practica internă și mondială;
- scăderea încărcărilor electrice în înfășurarea rotorului, prin creșterea secțiunii cuprului înfășurării rotorice, utilizând sistem de izolație clasa F modern și performant, cu grosime redusă;
- realizare miezului statoric generator, pachetat în inel folosind tole din tablă silicioasă cu pierderi specifice reduse;
- echipamentul nou va fi proiectat, executat și montat astfel încât să se poată asambla cu subansamblele reutilizate, pentru a asigura o funcționare sigură și fiabilă, la parametri proiectați a întregii instalații;

- întregul ansamblu al hidrogenatorului va fi astfel realizat încât să păstreze interfețele cu echipamentul existent din Centrala Hidroelectrică Arpașu (conduțe de apă de răcire, conduțe de aer comprimat, conduțe de ulei precum și toate piesele înglobate).

#### **Bibliografie**

- [1]. Emil Mârzan, *Hidrogenatoare verticale 7-35 MW*, Rm. Vâlcea, 1999
- [2]. Câmpeanu, A., *Introducere în dinamica mașinilor electrice*. București, Editura Academiei Române, 1998
- [3]. Dan, V., *Aționari electromecanice*, Editura Universitas Petroșani, 2001
- [4]. Manolea, Gh., *Aționari electromecanice*, Editura Universitaria, Craiova, 2003
- [5]. Tăbăcaru, T., *Mașini electrice și acționări*. Editura Edyro Press, Petroșani, 2009
- [6]. Tunsoiu, Gh., Seracin, E., Saal, C., *Aționari electrice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- [7]. UCM Reșița, *Carte tehnică a hidrogenatorului tip HVS 525/63-56*, 1980
- [8]. Hidroelectrica SA, *Instrucțiune tehnică internă (ITI) de exploatare hidrogenator HVS 525/63-56 din carul amenajărilor Olt Superior*, 2011
- [9]. <https://www.hidroelectrica.ro/>

# PRIZA INTELIGENTA COMANDATA PRIN APLICATIA BLUETOOTH

**Autori: Ionela CĂTA<sup>1</sup>, Alexandra-Stefania POPESCU<sup>1</sup>, Orlando-Alex CHIRITESCU<sup>2</sup>**  
[cataionela10@yahoo.com](mailto:cataionela10@yahoo.com)

**Coordonator:** Asist.univ.dr.ing. **Alina HANDRA<sup>3</sup>**, Asist.univ.dr.ing. **Andrei RADA<sup>3</sup>**, Sef lucr.dr.ing. **Razvan SLUSARIUC<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: E31

<sup>2</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: SE21

<sup>3</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., Departamentul: A.C.I.E.E.

Rezumat:

Pe partea electrica se studiaza componenta curentului electric si tensiunea electrica , avand aplicarea lor in tehnicile electrice si programare(comanda). Aceste fenomene constituie baza ingineriei electrice cu specializarile profilului electric. In aceasta lucrare se prezinta curentul ,tensiunea electrica ,si programarea prin modul bluetooth ,avand ca rol realizarea conexiunilor dintre partea de programare si partea electrica a unei prize comandata prin modulul bluetooth.

*Cuvinte cheie* : priza, modulul bluetooth, programare, curentul.

## 1. Introducere

Curentul electric reprezintă deplasarea dirijată a sarcinilor electrice. Există două mărimi fizice care caracterizează un curent electric:

-intensitatea curentului electric, numită adesea simplu tot curent electric, care caracterizează global curentul, referindu-se la cantitatea de sarcină electrică ce străbate secțiunea considerată în unitatea de timp. Se măsoară în amperi.

-densitatea de curent este o mărime vectorială asociată fiecărui punct, intensitatea curentului regăsindu-se ca integrală pe întreaga secțiune a conductorului din densitatea de curent. Se măsoară în amperi pe metru pătrat.

[https://ro.wikipedia.org/wiki/Curent\\_electric](https://ro.wikipedia.org/wiki/Curent_electric)<sup>7</sup>

Sarcinile electrice în mișcare pot fi purtate între două puncte date, de electroni, ioni sau o combinație de ioni și electroni. Producerea și menținerea curentului electric este determinată de existența unei tensiuni electrice între cele două puncte (între care se deplasează sarcinile) ale unui conductor electric. Tensiunea în cauză poate fi dată de o sursă de tensiune electromotoare de diferite origini existentă în circuitul electric considerat datorată unui generator electric.

Asupra sarcinilor electrice în mișcare din conductor acționează un câmp electric de natură electrostatică.

Tensiunea electrică între două puncte ale unui circuit electric este diferența de potențial între cele două puncte și este proporțională cu energia necesară deplasării de la un punct la celălalt a unei sarcini electrice.

Tensiunea electrică (sau voltajul) reprezintă mărimea fizică scalară egală cu raportul dintre lucrul total efectuat de câmpul electric pentru a transporta sarcina electrică pe întregul circuit și mărimea sarcinii electrice.

$$U = L/Q$$

unde: U - tensiunea electromotoare; L - lucrul forței electrice; Q - sarcina electrică.

Sau, într-un circuit, tensiunea se mai poate afla și după formula:

$$U = I \cdot R$$

unde: U – Tensiunea I - Intensitatea curentului electric R - Rezistența

[https://ro.wikipedia.org/wiki/Tensiune\\_electric%C4%83](https://ro.wikipedia.org/wiki/Tensiune_electric%C4%83)<sup>8</sup>

### 1) Priza

Priza este un dispozitiv cu ajutorul căruia se realizează conexiunea electrică a unui consumator la o rețea electrică prin intermediul unui ștecher.

<https://ro.wikipedia.org/wiki/Priz%C4%83><sup>9</sup>

Prizele sunt necesare pentru conectarea oricărui aparat electric, la rețeaua electrică, prin intermediul unei fișe de curent. Cele mai importante caracteristici electrice ale prizelor sunt tensiunea de alimentare (230Vac în sistemul monofazat) și curentul suportat (uzual în România 6A sau 16A).

**Tipuri de prize**

Există mai multe categorii după care se pot clasifica prizele electrice:

În funcție de modul de conectare și de tipul rețelei electrice se întâlnesc:

- prizele monofazate, conectate la rețeaua monofazată(casnică), 230Vac, 16A
- prize trifazate, conectate la rețeaua industrial trifazată 400Vac, și diferiți curenți (16A, 32A, 64A).

În funcție de gradul de protecție, prizele se clasifică în:

- prize cu împământare. Împământarea unui circuit electric reprezintă un mijloc de protecție care are rolul de a diminua pericolul de electrocutare involuntară sau funcționare defectuoasă a aparatului electric. Pentru o siguranță sporită se recomandă utilizarea prizelor cu împământare. Prizele cu împământare se deosebesc prin cele două lamele ale contactului de împământare dispuse pe lateralul celor doi poli Fază și Nul.
- prize fără împământare.

În funcție de standardele folosite în fiecare țară:

- Standard german (cel mai des întâlnit standard și în România). În general aceste prize sunt complet echipate și se pot monta direct în dozele din perete. În cazul acestor prize nu este obligatorie modificarea dozelor rotunde existente în blocurile și locuințele vechi, putându-se fixa cu gheare.
- Standardul Modular (Italian) prezintă avantajul unei modularități mai mari. Se pot face mult mai ușor combinații de diferite aparate. În general trebuie realizată o înlocuire a dozelor din perete, cu doze speciale pentru aparatul modular. Alegerea echipamentelor este puțin mai dificilă decât în cazul aparatului standard german, fiind necesare mai multe referințe (doze de aparat, suporturi de montare, mecanisme, rame decorative).

[https://www.intrerupatoare-tactile.ro/index.php?route=information/news&news\\_id=20<sup>10</sup>](https://www.intrerupatoare-tactile.ro/index.php?route=information/news&news_id=20<sup>10</sup>)



## 2) MODUL RELEU 1 CANAL 5V

Acest modul cu releu cu un canal vă ajută să puteți prelua controlul aparatelor din casă ce funcționează la tensiune mare. Este compatibil cu Arduino.

Acest modul cu releu cu un canal vă ajută să puteți prelua controlul aparatelor din casă ce funcționează la tensiune mare. Este compatibil cu Arduino. Acest modul este în conformitate cu standardul internațional de siguranță.

Caracteristici tehnice:

Dimensiune: 50 x 26 x 18.5mm

Tensiune: 5V

LED- uri pentru a indica starea releului

Un releu cu un canal



<https://cleste.ro/modul-releu-1-canal-5v.html<sup>11</sup>>

## 3)PLACA DE DEZVOLTARE COMPATIBILĂ ARDUINO NANO V3

Placa de dezvoltare este echipată cu același micro-controller performant( ATmega328p ) de pe Arduino Uno si convertorul USB serial CH340.

Placa de dezvoltare este echipată cu același micro-controller performant ( ATmega328p ) de pe Arduino Uno si convertorul USB serial CH340. Avantajul acesteia îl reprezintă dimensiunile reduse, astfel se poate integra în diverse proiecte unde spațiul componentelor este foarte important. Programarea dispozitivului se realizează prin intermediul unui cablu cu mufa mini USB, placa de dezvoltare venind și cu un bootloader.

Înainte de utilizare este necesar să instalați driverul special pe care îl puteți downloada de aici: [Driver Windows - Driver MAC OS](#).

Caracteristici tehnice:

Tensiune de alimentare suportată de limitator: 7 V - 12 V;

Tensiune de alimentare: 5 V;

Pini Input/Output: 14;

Pini ADC: 8 (din cei 14 de Input/Output);

Pini PWM: 6 (din cei 14 de Input/Output);

Memorie flash: 32 kB / 16 kB (din care 2 kB sunt folosiți de bootloader);

Comunicație TWI, SPI și UART;

Curent pentru pini Input/Output: 40 mA/pin;

Frecvență de funcționare: 16 MHz;

Dimensiuni: 45 x 18 mm



<https://cleste.ro/arduino-nano-v3.html><sup>12</sup>

#### 4) MODUL BLUETOOTH HC-05

HC-05 este un modul care poate adăuga funcții Wireless în două direcții (full-duplex) pentru proiectele dumneavoastră.

HC-05 este un modul care poate adăuga funcții Wireless în două direcții (full-duplex) pentru proiectele dumneavoastră. Puteți folosi acest modul pentru a comunica între 2 microcontrolere ca de exemplu Arduino, sau cu orice dispozitiv ce folosește Bluetooth precum un telefon sau laptop. Există la momentul actual foarte multe aplicații de Android ce sunt deja disponibile, și vă pot ușura acest proces. Acest modul comunică prin intermediul interfeței USART la o rată baud de 9600. De asemenea se pot configura valorile predefinite, folosind comenzi specifice.

Caracteristici tehnice:

Tensiune alimentare: 3.6V - 6V

Consum: 30mA

Rază acoperire: max. 100m

Folosește protocolul IEEE 802.15.1 standardizat

Poate fi opera atât ca Master cât și Slave

Baud Rate: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800



<https://cleste.ro/modul-bluetooth-hc-05.html><sup>13</sup>

#### 5) Controlul unei placute Arduino prin modul Bluetooth

Utilizarea puterii Bluetooth pentru a comunica cu telefonul Arduino!

Aceasta este o parte a unei serii, care se va concentra pe utilizarea Bluetooth pentru a comunica cu un Arduino. Bluetooth este una dintre cele mai cunoscute tehnologii de comunicații fără fir, din cauza consumului redus de energie, a costurilor reduse și a unei stive ușoare, dar care compensează în funcție de gamă.

## Un smartphone Android cu Bluetooth

Verificați dacă telefonul dvs. are Bluetooth prin navigarea la "Wireless and Networks" în setări.

### HC-05 Modul Bluetooth

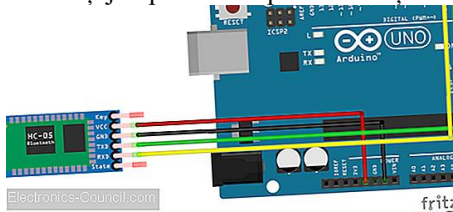
Acest modul este cel mai popular modul Bluetooth aflat acolo. Versiunea de bază este destul de ieftină.

Problema legată de conectarea firelor între modul și Arduino poate fi evitată prin utilizarea unui scut Bluetooth sau a unei versiuni în forma Bee, BTBee și un scut Bee.

### Cablu USB pentru Arduino

### Configurarea hardware-ului

Pentru a utiliza modulul HC05, pur și simplu conectați VCC la ieșirea de 5V de pe arduino, GND la sol, RX-TX pin al Arduino și invers. (Nota editorului: Pinul RX nu este oficial tolerant la 5 V, este proiectat pentru semnalele de 3.3 V. Arduino generează un semnal de 5 V, deci ar trebui să folosiți un divizor de tensiune sau un translator de nivel logic pentru a vă asigura că semnalul Arduino nu deteriorează HC05.) Dacă utilizați modulul BTBee cu ecranul, setați jumperii pe placă astfel încât știfturile DOUT și pinii D0 să fie scurtcircuitați și pinii DIN și D1 să fie scurtcircuitați. Acest lucru se datorează faptului că pinul RX de pe Arduino este Pin 0 și pinul TX este Pin 1. Puteți folosi orice alte pini ca RX și TX Pins, dar va trebui să utilizați Biblioteca SoftwareSerial a Arduino pentru a activa acea. Nu uitați să eliminați jumperii în timp ce încărcați codul în Arduino dacă ați selectat Pin 0 și 1 ca pini serial.



Dacă modulul este utilizat pentru prima dată, veți dori să schimbați numele, parola etc. Pentru a face acest lucru, modulul trebuie setat la modul de comandă. Conectați pinul cheii la orice pin al lui Arduino și setați-l la înălțime pentru a permite programarea modulului. Dacă utilizați BTBee, este puțin complicat. În timp ce wiki-ul oficial spune că butonul de mod trebuie să fie ținut pentru a-l schimba în modul Command și eliberându-l schimbându-l înapoi în Data Mode, nu se întâmplă așa: în schimb, țineți apăsat butonul Mode, apoi apăsați rapid și eliberați Butonul de resetare. Veți observa că LED-ul Status clipește mai lent decât de obicei.

Pentru a programa modulul, se utilizează un set de comenzi cunoscute sub denumirea de comenzi AT. Aici sunt câțiva dintre ei:

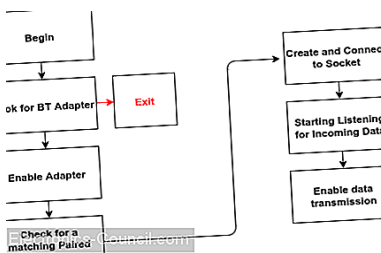
### Programarea Arduino

Nu se folosește nicio bibliotecă suplimentară pentru a se conecta la modulul Bluetooth, deoarece pinii RX și TX ai lui Arduino sunt scurtcircuitați cu cei ai modulului. Toate datele - de ieșire și de intrare - vor trebui să treacă prin modul. Interfața cu modulul este atât de ușoară.

Pentru a vedea cum funcționează aceasta, permiteți conectarea unui senzor de temperatură DHT-11 la Arduino. Când se primește litera "t", temperatura, umiditatea și indicele de căldură vor fi transmise înapoi. Pentru a utiliza DHT-11, se folosește biblioteca DHT de către Adafruit.

### Aplicația Android

Aruncați o privire la articolul anterior pentru o introducere rapidă despre aplicațiile Android și, de asemenea, aspectul acestei aplicații.



### Conectarea la dispozitiv

Verificați mai întâi prezența unui adaptor Bluetooth.

```
BluetoothAdapter bluetoothAdapter=BluetoothAdapter.getDefaultAdapter(); if (bluetoothAdapter == null) { Toast.makeText(getApplicationContext(), "Device doesnt Support Bluetooth", Toast.LENGTH_SHORT).show(); }
```

Dacă este prezent, verificați dacă este activată. Dacă nu este activată, cereți permisiunea utilizatorului să o activeze.

```
if(!bluetoothAdapter.isEnabled()) { Intent enableAdapter = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE); startActivityForResult(enableAdapter, 0); }
```

Dispozitivul trebuie să fie asociat înainte ca aplicația să o poată utiliza. Verificați secțiunea de mai jos pentru detalii despre modul de asociere a modulului BT și a telefonului. Acum că adaptorul este activat, verificați dacă există dispozitive asociate / lipite. Folosind comenzile AT din secțiunea de mai sus, dați un nume corespunzător dispozitivului.



De asemenea, aflați adresa MAC a acestuia. Aici, adresele MAC sunt comparate pentru un meci, deoarece numele pot fi schimbate frecvent.

```
Set bondedDevices = bluetoothAdapter.getBondedDevices();if(bondedDevices.isEmpty()) {  
Toast.makeText(getApplicationContext(), "Please Pair the Device first", Toast.LENGTH_SHORT).show();} else { for  
(BluetoothDevice iterator : bondedDevices) { if(iterator.getAddress().equals(DEVICE_ADDRESS)) //Replace with  
iterator.getName() if comparing Device names. { device=iterator; //device is an object of type  
BluetoothDevicefound=true;break; } } }
```

După achiziționarea dispozitivului Bluetooth, trebuie creat un soclu pentru a gestiona conexiunea de ieșire. Aici este utilizat un soclu RFCOMM. RFCOMM - cunoscut și ca Serial Port Profile - este în esență un protocol Bluetooth pentru a emula un cablu RS232.

```
socket = device.createRfcommSocketToServiceRecord(PORT_UUID); socket.connect();
```

Apoi obțineți fluxurile de intrare și de ieșire ale soclului.

```
outputStream=socket.getOutputStream();inputStream=socket.getInputStream();
```

Citirea datelor primite

Dat fiind că datele pot fi recepționate în orice moment, executarea unui fir pentru a asculta date ar fi cea mai bună. Mai întâi, fluxul de intrare este interogată pentru datele disponibile. Apoi, octeții sunt convertiți în format UTF-8 care poate fi citit de om și textul este trimis unui manipulant pentru a posta pe interfața de utilizare. Acest lucru se face deoarece interfața de utilizare nu poate fi actualizată din fire de fundal.

```
int byteCount = inputStream.available();if(byteCount > 0){byte() rawBytes = new  
byte(byteCount);inputStream.read(rawBytes);final String string=new String(rawBytes, "UTF-8");handler.post(new  
Runnable() {public void run(){ textView.append(string);}});}
```

Transmiterea datelor

Pentru a trimite date, treceți String-ul la OutputStream.

```
outputStream.write(string.getBytes());
```

Descărcați codul sursă pentru aplicație

Descărcați codul

## Testarea aplicației

În primul rând, împerecheați telefonul și modulul prin scanarea dispozitivelor noi în fila Bluetooth a setărilor de sistem. Trebuie să apară numele stabilit anterior. Introduceți codul de par setat (Implicit este fie 0000, fie 1234). După ce porniți dispozitivul Arduino, puteți observa că LED-ul de stare al BTBee clipește periodic. Deschideți acum aplicația și atingeți Începeți. LED-ul de stare trebuie să se stingă și LED-ul Conn va lumina. Aceasta arată că a fost stabilită o conexiune.



Când "t" este trimis la Arduino, acesta răspunde cu OFF / ON comenzii setate din telefon.

Aceasta a fost o simplă expoziție de transfer de date prin Bluetooth. Bluetoothul poate fi folosit pentru a controla automatizarea multor lucruri de zi cu zi, cum avem prezentat în acest proiect, comutarea unui prize OFF/ON, ceea ce se poate face folosind un releu cu Arduino. Aceasta conchide această serie de două părți privind interfața unui Arduino cu un telefon Android.

<https://ro.answersexpress.com/control-an-arduino-with-bluetooth-72731><sup>14</sup>

## Concluzii:

Curentul electric este una dintre cele mai utilizate energii, care servește la ușurarea muncii de zi cu zi. Are ca scop punerea în funcțiune a, masinării, aparatelor electrice și a oricărui produs care se alimentează cu energie.

Energia electrică se poate obține atât din surse regenerabile (energie solară, energie eoliană, etc.) cât și prin surse neregenerabile (prin ardere-termică, termoelectrică - carbune, etc.)

Acest proiect are ca scop reducerea de consum a energiei electrice prin monitorizarea aparatelor electrice, astfel dacă un aparat rămâne conectat la curent, putem decupla prizele de la curent prin aplicația Bluetooth direct din telefon. Tot o dată prin această monitorizare putem reduce și riscul de incendii pentru aparatele care nu au decuplare.

## Bibliografie :

[https://ro.wikipedia.org/wiki/Curent\\_electric](https://ro.wikipedia.org/wiki/Curent_electric)<sup>15</sup>

[https://ro.wikipedia.org/wiki/Tensiune\\_electric%C4%83](https://ro.wikipedia.org/wiki/Tensiune_electric%C4%83)<sup>16</sup>

<https://ro.wikipedia.org/wiki/Priz%C4%83><sup>17</sup>

[https://www.intrerupatoare-tactile.ro/index.php?route=information/news&news\\_id=20](https://www.intrerupatoare-tactile.ro/index.php?route=information/news&news_id=20)<sup>18</sup>

<https://cleste.ro/modul-releu-1-canal-5v.html><sup>19</sup>

<https://cleste.ro/arduino-nano-v3.html><sup>20</sup>

<https://cleste.ro/modul-bluetooth-hc-05.html><sup>21</sup>

<https://ro.answersexpress.com/control-an-arduino-with-bluetooth-72731><sup>22</sup>

# ASPECTE PRIVIND ANALIZA DIMENSIONALĂ A RELAȚIILOR FIZICE ÎN ELECTRICITATE ȘI MAGNETISM

**Autori:** Ionela CĂȚA <sup>1</sup>, Alexandra POPESCU <sup>2</sup>  
cataionela10@yahoo.com

**Coordonatori:** Șef lucr.dr. ing Răzvan Bogdan ITU <sup>3</sup>, Lector.univ.dr. Mihaela TOMESCU <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de I.M.E., Electromecanică, anul III

<sup>2</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de I.M.E., Electromecanică, anul III

<sup>3</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de I.M.E, Departamentul de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi

<sup>4</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de Științe, Departamentul de Matematică-Informatică

## Rezumat

Este practic imposibil de a rezolva toate problemele unui fenomen dat numai pe cale teoretică. La stadiul actual al cunoștințelor în domeniu, cercetarea experimentală ocupă un loc important. Teoria matematică și datele experimentale au furnizat soluții practice pentru mai multe probleme de fizică. Aplicațiile analizei dimensionale permit organizarea și simplificarea experimentelor și analizarea rezultatelor obținute.

În lucrare se vor prezenta unele aspecte privind analiza dimensională și câteva aplicații ce servesc la înțelegerea modului de utilizare a analizei dimensionale în stabilirea formulelor pentru anumite mărimi fizice.

## Cuvinte cheie

Mărime fizică, unitate, valoare numerică, dimensiune, analiză dimensională

## 1. Introducere

Analiza dimensională se ocupă cu studiul relațiilor ce descriu fenomenele fizice și are la bază proprietatea de omogenitate dimensională, proprietate ce trebuie respectată de toate relațiile raționale și se urmărește să fie respectată de toate relațiile empirice.

Omogenitatea dimensională a relațiilor fizice este necesară deoarece, prin aceasta, se asigură invariabilitatea lor la schimbarea sistemului de unități de măsură.

Analiza dimensională se ocupă cu studiul relațiilor fizice pentru a găsi regulile după care se stabilesc formele generale ale acestor relații și modul în care aceste reguli se aplică în cercetarea științifică.

Analiza dimensională are la bază principiul că toate fenomenele naturii, sunt guvernate de legi obiective, care pot să fie cunoscute, precum și ideea că aceste legi pot fi exprimate cu ajutorul unor relații fizice care, de asemenea, pot fi transformate în relații matematice.

Interacțiunile dintre mărimile fizice în cadrul unui fenomen au putut fi exprimate calitativ și cantitativ prin relații o dată cu dezvoltarea simbolismului matematic bazat pe un îndelungat proces de abstractizare. Relațiile fizice sunt relații între mărimi fizice, iar relațiile matematice sunt relații între numere abstracte.

O etapă importantă în aplicarea analizei dimensionale o reprezintă stabilirea mărimilor fizice determinante ce intervin în descrierea fenomenului studiat. În situația în care sunt cunoscute ecuațiile matematice corespunzătoare fenomenului studiat, această etapă nu pune probleme. Dacă ecuațiile ce descriu fenomenul sunt stabilite, atunci trebuie analizat fenomenul respectiv și determinate, eventual experimental, mărimile fizice caracteristice.

În procesul de formare a relațiilor fizice, acestea au căpătat forme stabile, care se păstrează și la trecerea în formă matematică, în concordanță cu caracterul obiectiv al legilor pe care le exprimă.

Acest lucru se manifestă prin faptul că forma unei relații fizice este astfel alcătuită încât ea nu depinde de elementul subiectiv al alegerii sistemului de unități de măsură, cu ajutorul căruia se exprimă mărimile fizice și se formează numerele care intră în aceste relații.

## 2. Măsurarea mărimilor fizice. Unități de măsură. Sisteme coerente de unități

Prin mărime fizică se înțelege o proprietate comună unui grup de fenomene sau sisteme fizice implicată în procesul de comparare între componentele individuale ale grupului. În acest sens se spune că, mărimile fizice sunt mărimi măsurabile.

A măsura o mărime fizică înseamnă a o compara (pe cale fizică directă) cu o mărime de aceeași natură considerată ca unitate de măsură. Procesul de comparare presupune existența unui instrument de măsură care să interacționeze cu sistemul pentru a evidenția o valoare măsurată. Prin valoarea măsurată sau simplu valoare a mărimii fizice  $A$  înțelegem numărul  $a$  care ne arată de câte ori unitatea de măsură  $\langle A \rangle$  se cuprinde în mărimea  $A$ , adică stabilirea raportului

$$a = \frac{A}{\langle A \rangle}, \quad (1)$$

Evident, aceeași mărime fizică poate fi măsurată cu două unități de măsură diferite:

$$a_1 = \frac{A}{\langle A_1 \rangle}; \quad a_2 = \frac{A}{\langle A_2 \rangle}, \quad (2)$$

Făcând raportul celor două valori numerice, rezultă:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\langle A_2 \rangle}{\langle A_1 \rangle}, \quad (3)$$

Această relație a primit denumirea de *teorema fundamentală a unităților de măsură* și se enunță astfel: măsurând o mărime fizică cu două unități de măsură diferite, raportul valorilor numerice obținute este invers proporțional cu raportul celor două unități de măsură, fiind independent de mărimea fizică măsurată.

Considerarea unităților de măsură induce o deosebire principială între expresia matematică ce realizează conexiunea între mărimile fizice utilizate pentru descrierea unui fenomen fizic și expresia fizică.

Mărimile fizice care exprimă proprietăți fundamentale, ireductibile ale materiei se numesc fundamentale iar unitățile lor de măsură, unități fundamentale. Mărimile fizice ce se exprimă funcție de mărimile fundamentale se numesc derivate și li se asociază unități derivate.

Mulțimea mărimilor fizice fundamentale și a unităților lor de măsură care asigură eliminarea coeficientului parazit în formulele fizice formează un sistem coerent de mărimi fizice și unități de măsură.

### 3. Analiza dimensională a legilor fizicii, formula dimensională a unei mărimi fizice

Mărimile fundamentale ale unui sistem coerent de unități alcătuiesc baza aceluia sistem.

Fie  $X$  o mărime derivată și  $M_1, M_2, \dots, M_j$ , o bază. Întrucât mărimea  $X$  se construiește din mărimile bazei în expresia matematică a mărimii  $X$  va intra fiecare element al bazei ridicat la o putere rațională într-un produs de puteri

$M_1^{\alpha_1} M_2^{\alpha_2} \dots M_j^{\alpha_j}$  numit dimensiunea mărimii  $X$  pe care o vom nota  $[X]$ :

$$[X] = M_1^{\alpha_1} M_2^{\alpha_2} \dots M_j^{\alpha_j}, \quad (4)$$

În această expresie,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_j$  sunt exponenți raționali înțelegând prin aceasta că dimensiunea mărimii  $X$  referitoare la mărimea fundamentală  $M_k$  ( $k = \overline{1-j}$ ) este  $\alpha_k$ .

Alegerea mărimilor fundamentale se face în concordanță cu considerarea celor mai importante proprietăți ale materiei. Spațiul și timpul sunt coordonate ale oricărui proces fizic. Masa este și ea o caracteristică intrinsecă a materiei. Este – prin urmare – evident că aceste trei atribute esențiale intrinseci ale materiei sunt indispensabile oricărui set de mărimi fundamentale implicat în construirea unui sistem coerent de unități.

Expresia (4) se numește formulă dimensională a mărimii  $X$  în baza  $M_1 M_2 \dots M_j$ . Evident, baza nu este unică. Se pot alege baze diferite rezultând astfel sisteme de unități diferite. Indiferent de sistemul de unități folosit, funcționează principiul invarianței legilor fizicii care presupune păstrarea formei legilor fizicii la schimbarea unităților de măsură. Dacă pentru descrierea completă a unui proces fizic sunt necesare  $n+1$  mărimi fizice independente  $X_1, X_2, \dots, X_n$  și  $Y$  a căror scriere se face în baza  $M_1 M_2 \dots M_j$ , în sistemul de unități definit de această bază identificăm o matrice numită matrice dimensională

|       | $X_1$         | $X_2$         | ... | ... | ... | $X_j$         | $Y$        |
|-------|---------------|---------------|-----|-----|-----|---------------|------------|
| $M_1$ | $\alpha_{11}$ | $\alpha_{12}$ |     |     |     | $\alpha_{1j}$ | $\alpha_1$ |
| $M_2$ | $\alpha_{21}$ | $\alpha_{22}$ |     |     |     | $\alpha_{2j}$ | $\alpha_2$ |
| .     | .             | .             |     |     |     | .             | .          |
| .     | .             | .             |     |     |     | .             | .          |
| .     | .             | .             |     |     |     | .             | .          |
| .     | .             | .             |     |     |     | .             | .          |
| .     | .             | .             |     |     |     | .             | .          |
| $M_j$ | $\alpha_{j1}$ | $\alpha_{j2}$ |     |     |     | $\alpha_{jj}$ | $\alpha_j$ |

,

(5)

ale cărei elemente rezultă din scrierea mărimilor fizice  $X_1, X_2, \dots, X_j$  și  $Y$  în baza  $M_1, M_2, \dots, M_j$ .

$$\begin{aligned} X_i &= M_1^{\alpha_{1i}} M_2^{\alpha_{2i}} \dots M_j^{\alpha_{ji}}; i = \overline{1-j} \\ Y &= M_1^{\alpha_1} M_2^{\alpha_2} \dots M_j^{\alpha_j} \end{aligned} \quad (6)$$

Cu toate că  $X_1, X_2, \dots, X_j$  și  $Y$  sunt mărimi independente descrierea unui proces fizic, implică corelarea funcțională a acestor mărimi și studiul variației uneia – să spunem  $Y$  – funcție de variația celorlalte (în cazul considerat,  $X_1, X_2, \dots, X_j$ ). Analiza dimensiunilor rezolvă parțial această problemă, în sensul că ea nu permite întotdeauna obținerea unei soluții complete nefiind capabilă să precizeze constantele și mai mult, nu rezolvă nici mecanismul intim al fenomenului. În acest sens, amintim că metodele dimensionale nu discern natura mărimilor fizice neputând preciza de exemplu, dacă este vorba despre presiune sau despre efort unitar. Uneori însă, chiar dacă nu rezolvă complet o problemă, reduce totuși numărul variabilelor presupuse a descrie procesul fizic considerat.

Metoda analizei dimensiunilor admite ca ipoteză de lucru principiul invarianței legilor fizicii pe care îl aplică astfel:

Fie  $A$  o mărime fizică derivată ce depinde de unitățile fundamentale  $L, M$  și  $T$ :

$$[A] = f(L, M, T), \quad (7)$$

și care intervine într-o lege matematică, de forma:

$$A = F(A_1, A_2, \dots), \quad (8)$$

implicând unitățile  $A_1, A_2, \dots$  etc. La rândul lor aceste unități pot fi și ele exprimate în funcție de  $L, M$ , și  $T$  astfel încât legea matematică conduce la relația:

$$[A] = \varphi(L, M, T), \quad (9)$$

Se poate scrie:

$$\begin{aligned} f(L, M, T) &= L^\alpha M^\beta T^\gamma \\ \varphi(L, M, T) &= L^m M^n T^p \end{aligned} \quad \text{și,} \quad (10)$$

exponenții  $\gamma, \beta, \alpha, m, n, p$  fiind numere raționale numite dimensiuni sau grade de omogenitate. Deducem din relațiile anterioare, că  $\alpha = m, \beta = n, \gamma = p$ , ceea ce reclamă că “ambii membri ai unei relații matematice care exprimă o lege fizică, trebuie să aibă dimensiuni egale în raport cu fiecare dintre unitățile fundamentale”. Acest enunț, exprimă condiția de omogenitate a expresiilor care descriu legi fizice, iar expresia:

$$[A] = L^\alpha M^\beta T^\gamma, \quad (11)$$

reprezintă formula dimensională a mărimii derivate  $A$  în baza  $L, M$  și  $T$  așa cum este definită prin relația (4).

Diferitele domenii ale fizicii, lucrează cu baze diferite: mecanica presupune folosirea bazei  $L, M$  și  $T$ , termodinamica introduce în plus *Kelvinul* pentru temperatura termodinamică și *molul* pentru cantitatea de substanță. Electricitatea folosește intensitatea curentului electric  $I$ , optica electromagnetică include și intensitatea luminoasă  $J$  iar teoria radiației, apelează la toate dimensiunile fundamentale.

Stabilirea cantitativă a dependențelor funcționale a unei mărimi fizice de anumiți parametri prin metodele specifice analizei dimensiunilor presupune câteva etape și anume:

- prima etapă constă în alegerea parametrilor independenți ce intervin în procesul fizic considerat. Introducerea unor parametri suplimentari ce nu sunt implicați în procesul fizic ca și omiterea unora care caracterizează fenomenul, conduce la un impas în rezolvarea problemei și de cele mai multe ori la un rezultat incomplet sau eronat.

- a doua etapă presupune includerea mărimii fizice a cărei dependență funcțională urmează a se stabili într-un produs adimensional, cu parametrii considerați ridicați la niște puteri raționale ce urmează a fi precizate prin calcul. Astfel, pentru a stabili dependența

$$Y = Y(X_1, X_2, \dots, X_i), \quad (12)$$

vom include cele  $i+1$  mărimi fizice în produsul  $\Pi = Y \cdot X_1^{\alpha_1} \cdot X_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot X_i^{\alpha_i}$  în care  $\alpha_i$  sunt exponenți raționali ce urmează a fi determinați.

- etapa următoare înseamnă alegerea bazei și extragerea matricii dimensionale (5);

- urmează etapa în care se aplică principiul invarianței legilor fizicii scriind că produsul  $\Pi$  conduce la o formulă dimensional omogenă, ceea ce permite să se scrie egalitatea:

$$[Y] = M_1^{\alpha_1} \cdot M_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot X_k^{\alpha_k} = I, \quad (13)$$

din care se extrage dimensiunea mărimii fizice  $Y$  (adică  $[Y]$ ) prin anularea exponenților  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$  ce vor depinde liniar de exponenții  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ .

Așa cum se specifica anterior, analiza dimensională nu poate preciza constantele ce intervin în expresiile matematice ale formulelor fizice, întrucât aceste constante au dimensiune zero. Precizarea constantelor presupune un model teoretic adecvat sau poate fi obținută din experiență.

Deoarece condiția de omogenitate depinde doar de alegerea mărimilor fizice fundamentale, putem introduce noțiunea de *dimensiune asociată unei mărimi fizice fundamentale*.

În aceste condiții, relațiilor între unitățile de măsură derivate și unitățile de măsură fundamentale le corespund relații asemănătoare între dimensiunea mărimii derivate și dimensiunile mărimilor fundamentale:

Acest tip de relație poartă numele de formula *dimensională a unei mărimi fizice*.

Să presupunem în continuare, că suntem în situația că trebuie să determinăm expresia exactă a unei legi a fizicii, încă necunoscută. Există o infinitate de relații matematice posibile între mărimile fizice. Nu toate aceste relații matematice au și *sens fizic* ! *Pot avea sens fizic doar expresiile care verifică condiția de omogenitate*

Ce avantaje ar putea rezulta din acest fapt ? Pentru a înțelege cum putem utiliza condiția de omogenitate dimensională, se va examina în continuare un exemplu:

Se consideră că viteza  $v$  cu care atinge solul un corp lasat liber la o înălțime  $h$  depinde și de masa sa  $m$  și de accelerația gravitațională  $g$ . Frecările se pot neglija. Se caută o lege a fizicii de forma:

$$v = f(h, m, g), \quad (14)$$

Formulele dimensionale ale mărimilor care intervin sunt:

$$[v]_{SI} = \frac{L}{T}; \quad [h]_{SI} = L; \quad [m]_{SI} = M \quad [g]_{SI} = \frac{L}{T^2}, \quad (15)$$

Conform condiției de omogenitate dimensională avem :

$$[v] = [h]^{\alpha_1} \cdot [m]^{\alpha_2} \cdot [g]^{\alpha_3}, \quad (16)$$

sau :

$$\frac{L}{T} = L^{\alpha_1} M^{\alpha_2} \left( \frac{L}{T^2} \right)^{\alpha_3}, \quad (17)$$

sau:

$$L^1 T^{-1} M^0 = L^{\alpha_1 + \alpha_3} T^{-2\alpha_3} M^{\alpha_2}, \quad (18)$$

Dimensiunile sistemului de unități de măsură sunt mărimi independente, ceea ce are drept urmare faptul că exponenții lor din membrul stâng trebuie să fie egali cu exponenții din membrul drept al expresiei:

$$\begin{cases} \alpha_1 + \alpha_3 = 1 \\ -2\alpha_3 = -1 \\ \alpha_2 = 0 \end{cases}, \quad (19)$$

Soluțiile acestui sistem de ecuații sunt:

$$\alpha_1 = 1/2; \quad \alpha_2 = 0; \quad \alpha_3 = 1/2;$$

Rezultă că relația de omogenitate are forma:

$$[v] = [h]^{1/2} \cdot [m]^0 \cdot [g]^{1/2}, \quad (20)$$

sau:

$$[v] = \sqrt{[gh]}, \quad (21)$$

Se știe că legea vitezei căderii libere a unui corp în câmpul gravitațional terestru este:

$$v = \sqrt{2gh}, \quad (22)$$

Comparând condiția de omogenitate dimensională cu legea vitezei, remarcăm asemănarea lor ! Diferența este dată doar de un coeficient numeric adimensional.

Concluzia pe care o sugerează acest exemplu este următoarea:

Cel puțin în anumite cazuri, expresia matematică a unei legi a fizicii corespunde până la unii factori numerici adimensionali cu expresia matematică a condiției de omogenitate.

Exemplul studiat a fost unul particular. În cazul general, există următoarele posibilități:

1. Numărul ecuațiilor independente ale sistemului de ecuații, este mai mare decât numărul exponenților. În acest caz, sistemul de ecuații este incompatibil. *Sensul fizic al acestei situații matematice este acela că numărul mărimilor fizice luate în considerare este prea mic, fenomenul studiat depinzând și de alte mărimi fizice.* Legea pe care o căutăm nu există !

2. Numărul ecuațiilor independente ale sistemului de ecuații, este egal cu numărul exponenților. În acest caz, sistemul de ecuații este compatibil determinat, iar exponenții sunt unic determinați. *Sensul fizic este acela că există o singură relație matematică între mărimile fizice considerate care să reprezinte o lege a fizicii.*

3. Numărul ecuațiilor independente ale sistemului de ecuații, este mai mic decât numărul exponenților. În acest caz, sistemul de ecuații este compatibil nedeterminat. Dintre exponenți, un număr egal cu numărul ecuațiilor se exprimă în funcție de ceilalți exponenți, luați ca parametri. *Sensul fizic este că există mai multe expresii matematice compatibile cu legea fizică căutată.*

Rayleigh și-a propus să determine forma concretă a legii fizice în cazurile al doilea și al treilea. Pentru aceasta el face următoarea afirmație suplimentară: *Ipoteza lui Rayleigh*: omogenitatea în raport cu dimensiunile mărimilor fizice este o consecință a omogenității în raport cu însăși mărimile fizice ce intervin în expresia unei legi fizice.

În continuare se prezintă exemple, în care se utilizează *metoda lui Rayleigh*. Astfel se cere să se determine formula dimensională a lucrului mecanic. Formula de definiție a lucrului mecanic este:

$$L = F \cdot d \cdot \cos \alpha, \quad (23)$$

Prin urmare, formula dimensională este:

$$[L] = [F] \cdot [d] \cdot [\cos \alpha], \quad (24)$$

Dimensiunea deplasării  $d$  este lungimea  $L$ , iar funcția cosinus este adimensională:  $[\cos \alpha] = 1$ . Pentru a găsi dimensiunea forței, vom utiliza principiul fundamental al dinamicii:

$$F = ma \Rightarrow [F] = [m] \cdot [a] = M \cdot [a], \quad (25)$$

Folosind definițiile accelerației și vitezei, mai obținem:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow [a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{L}{T}, \quad (26)$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow [v] = \frac{[\Delta s]}{[\Delta t]} = \frac{L}{T}, \quad (27)$$

Rezultă:

$$[a] = \frac{L}{T^2}, \quad [F] = \frac{ML}{T^2} \quad (28)$$

În final:

$$[L] = \frac{ML^2}{T^2} = L^2 T^{-2} M^1, \quad (29)$$

Să se scrie formulele dimensionale pentru următoarele mărimi fizice:

a) sarcina electrică,  $q$ ;  $q=It$ ;  $[q]=IT$ ;

b) permitivitatea electrică absolută,  $\epsilon$ ; din legea lui Coulomb  $F=(1/4\pi\epsilon)(q_1q_2/r^2)$ ;  $[\epsilon]=I^2 T^4 M^{-1}L^{-3}$ ;

c) intensitatea câmpului electrostatic,  $E$ ; din formula de definiție:  $E=F/q$  rezultă  $[E]=I^{-1}MLT^{-3}$ ;

d) potențialul câmpului electrostatic,  $U$ ; din formula  $U=L/q$  se obține  $[U]=ML^2T^{-3}I^{-1}$ ;

Formula de definiție a tensiunii electrice este:

$$U = \frac{L}{q}, \quad (30)$$

unde  $L$  este lucrul mecanic făcut de câmpul electric la deplasarea sarcinii  $q$ . Sarcina electrică poate fi definită în funcție de intensitatea curentului electric:

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = Idt \Rightarrow [q] = [I][t] = IT, \quad (31)$$

Rezultă:

$$[U] = \frac{ML^2}{IT} = L^2 T^{-3} M^1 I^{-1}, \quad (30)$$

e) capacitatea electrică,  $C$ ; capacitatea electrică se exprimă prin formula:  $C = q/U$ ;  $[C]=I^2 T^4 M^{-1}L^{-2}$ ;

f) rezistența electrică,  $R$ ; din legea lui Ohm  $R=U/I$ ;  $[R]=ML^2 I^{-2}T^{-3}$ ;

g) inducția câmpului magnetic,  $B$ ; din expresia forței electromagnetice  $F=BIl$ , se obține  $[B]=MI^{-1}T^{-2}$ ;

h) intensitatea câmpului magnetic,  $H$ ;  $[H]=IL^{-1}$ ;

i) fluxul câmpului magnetic,  $\varphi$ ; din formula de definiție a fluxului magnetic  $\varphi=BS$  se obține  $[\varphi]=ML^2 I^{-1}T^{-2}$ ;

j) inductanța unei bobine,  $L$ ; din expresia fluxului magnetic al unei bobine  $\varphi=LI$ , se obține  $[L]=ML^2 I^{-2}T^{-2}$ ;

k) permeabilitatea magnetică absolută,  $\mu$ ;  $B=\mu H$ ;  $[\mu]=MI^2 T^{-2}L$ .

Știind că energia înmagazinată într-un condensator depinde de sarcina electrică  $q$  de pe o armătură a condensatorului și de capacitate  $C$  a condensatorului, să se deducă pe baza analizei dimensionale, expresia energiei condensatorului în funcție de  $q$  și  $C$ .

$$R \cdot E_C = kq^\alpha C^\beta, \quad (31)$$

Ținând cont de rezultatele exemplilor anterioare, avem:

$$L^2 MT^{-2} = (IT)^\alpha (L^{-2} M^{-1} T^4 I^2)^\beta = L^{-2\beta} M^{-\beta} T^{4\beta+\alpha} I^{\alpha+2\beta}, \quad (32)$$

Din condiția de omogenitate, prin egalarea exponenților celor patru dimensiuni, obținem sistemul:

$$\begin{cases} -2\beta = 2 \\ -\beta = 1 \\ 4\beta + \alpha = -2 \\ \alpha + 2\beta = 0 \end{cases}, \quad (33)$$

De unde, rezultă soluțiile acestui sistem de ecuații, care sunt  $\alpha = 2$ ,  $\beta = -1$ , și obținem astfel

$$E_C = k \frac{q^2}{C}, \quad (34)$$

$k$  fiind un coeficient numeric adimensional care determinat prin calcule teoretice, conduc la valoarea  $k = 1/2$ .

Să se deducă expresia energiei câmpului magnetic înmagazinată într-o bobină știind că această energie depinde de inductanța  $L$  a bobinei și de intensitatea curentului electric ce trece prin bobină:

$$R \cdot E_m = kL^\alpha I^\beta, \quad (35)$$

sau

$$L^2MT^{-2} = (L^2MT^{-2}I^2)^\alpha \cdot I^\beta = L^{2\alpha}M^\alpha T^{-2\alpha}I^{2\alpha+\beta}, \quad (36)$$

Egalând exponenții celor patru dimensiuni, obținem sistemul:

$$\begin{cases} 2\alpha = 2 \\ \alpha = 1 \\ -2\alpha = -2 \\ 2\alpha + \beta = 0 \end{cases}, \quad (37)$$

Soluțiile acestui sistem de ecuații, sunt  $\alpha = 1, \beta = 2$ , și se obține:

$$E_m = kLI^2, \quad (38)$$

Se deduce că  $k = 1/2$ , deci:

$$E_m = \frac{1}{2}LI^2, \quad (39)$$

Energia unității de volum a unui câmp electric în vid depinde de permitivitatea vidului  $\varepsilon_0$  și de intensitatea  $E$  a câmpului electric. Să se stabilească dependența densității de energie  $W$  de  $\varepsilon_0$  și  $E$ .

$$W = \frac{E}{V} \quad [W] = \frac{L^2MT^{-2}}{L^3} \quad (40)$$

Din legea lui Coulomb

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (41)$$

rezultă:

$$[\varepsilon_0] = \frac{[q]^2}{[F][r^2]} = \frac{I^2T^2}{MLT^{-2}L^2} = M^{-1}L^{-3}T^4I \quad (42)$$

Din exemplele anterioare, avem că:

$$[E] = LMT^{-3}I^{-1} \quad (43)$$

Scriind:

$$W = k(\varepsilon_0)^\alpha \cdot (E)^\beta \quad (44)$$

Obținem:

$$L^{-1}MT^{-2} = (M^{-1}L^{-3}T^4I^2)^\alpha \cdot (LMT^{-3}I^{-1})^\beta = M^{-\alpha+\beta}L^{-3\alpha+\beta}T^{4\alpha-3\beta}I^{2\alpha-\beta} \quad (45)$$

Prin identificare rezultă sistemul:

$$\begin{cases} -\alpha + \beta = 1 \\ -2\alpha + \beta = 1 \\ 4\alpha - 3\beta = -2 \\ 2\alpha - \beta = 0 \end{cases}, \quad (46)$$

cu soluțiile:  $\beta = 2\alpha, \alpha = 1, \beta = 2$ , de unde  $W = k \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2$  și  $k = 1/2$ .

Deci

$$W = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2, \quad (47)$$

### Concluzii

Analiza dimensională este domeniul care se ocupă cu stabilirea relațiilor între formulele dimensionale ale diferitelor marimi fizice. Pe baza acestor relații se pot uneori determina forme aproximative ale unor legi valabile în anumite situații experimentale. Chiar dacă formulele determinate utilizând analiza dimensională sunt doar aproximative, ele pot constitui un mare ajutor în simplificarea experimentelor care urmează să stabilească forma corectă a legilor respective. De asemenea, prin analiza dimensională se pot pune în evidență rapoarte adimensionale ale unor marimi fizice, numite criterii, care sunt utilizate pentru a caracteriza preponderența unui anumit efect fizic în raport cu altul. De exemplu, raportul adimensional (adică fără unitate de măsură) între densitatea unui corp și densitatea unui lichid ( $\rho_{corp}/\rho_{lichid}$ ) constituie un criteriu de flotabilitate. Dacă valoarea criteriului este supraunitară, corpul se scufundă complet în lichid, iar în caz contrar, pluteste. Analiza dimensională se asociază și cu o altă metodologie de lucru, denumită similitudine. Dacă formulele dimensionale care caracterizează un anumit proces fizic (de exemplu, mecanic) coincid cu acelea care se referă la alt proces fizic (de exemplu, electric), atunci prin studiul experimental al unuia dintre ele și utilizând știința similitudinii se pot trage concluzii asupra rezultatelor care s-ar obține studiind celălalt proces.

În final, putem face următoarele observații asupra metodei lui Rayleigh.

Ea reprezintă o cale lesnicioasă pentru determinarea expresiei matematice a unor legi fizice simple, care depind de un număr redus de parametri. Dificultatea de a o utiliza crește odată cu mărirea numărului de parametri fizici implicați



de legea cautată. Ipoteza lui Rayleigh privind omogenitatea legilor fizicii nu este valabilă în toate cazurile și de aceea soluțiile pe care le obținem sunt uneori eronate sau incomplete.

În situațiile mai complicate se folosește o altă metodă, numită teorema  $\pi$ , care are avantajul de a fi mai corectă din punct de vedere fizic.

#### **Bibliografie**

1. Cernica, I. M., Bazele fizice ale analizei dimensionale: aplicații și sisteme de unități, Editura AGIR, București, 2014.
2. Cernica, I. M., Contribuții la teoria algebrică a analizei dimensionale, a XIV – a Conferință internațională-multidisciplinară „ Profesorul Dorin PAVEL-fondatorul hidroenergeticii românești”, Sebeș, 2014.
3. Milea, A., În lumea măsurărilor și a unităților de măsură, Editura AGIR, București, 2008.
- 4.\*\*\* <http://www.qreferat.com/referate/constructii/MASURARE-SISTEMUL-INTERNATIONA757.php>

# MANAGEMENTUL INTELIGENT AL TRAFICULUI RUTIER

**Autori: Ionela CĂTA<sup>1</sup>, Alexandra-Stefania POPESCU<sup>1</sup>**  
[cataionela10@yahoo.com](mailto:cataionela10@yahoo.com)

**Coordonator:** Conf.univ.dr.ing. **Liliana SAMOILA<sup>2</sup>**, Conf.univ.dr.ing. **Ilie UTU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., specializarea: E31*

<sup>2</sup> *Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E., Departamentul:A.C.I.E.E.*

## Rezumat

Evoluția civilizației umane este strâns legată de posibilitățile de transport ale produselor activităților economice și pentru realizarea de relații tot mai strânse între diferite grupuri de oameni. S-a născut astfel, necesitatea perfecționării continue a mijloacelor de transport și crearea unor vaste rețele de transport. O dată cu inventarea automobilului și trecerea la producția de masă a diverselor tipuri de autovehicule, s-a realizat dezvoltarea rețelilor de transport rutier, care leagă între ele marile aglomerații urbane și practic toate localitățile unei țări. Circulația rutieră reprezintă mișcarea generală de vehicule și persoane, concentrată pe suprafețe de teren amenajate special în acest scop, respectiv drumurile. Fenomenul circulației rutiere sau a traficului rutier se manifestă tot atât de clar pe distanțe mari, în teritorii largi, cât și în zone restrânse (orașe și alte tipuri de așezări). Ca urmare a perfecționării continue a autovehiculelor, s-a ajuns astăzi la ritmuri ridicate și proporții foarte mari de evoluție a circulației rutiere. Practic are loc o explozie rutieră

*Cuvinte cheie: prelucrarea informației, decizia și reacția.*

## SISTEME INTELIGENTE DE MANAGEMENT AL TRAFICULUI RUTIER

### **Generalități privind traficul rutier.**

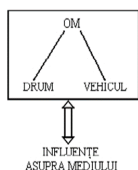
Traficul rutier reprezintă un sistem tipic, om - autovehicul - drum și de aceea, este necesar să se acorde o atenție corespunzătoare analizei fiecăruia din acești participanți precum și implicarea directă asupra desfășurării fluente a circulației, în condiții depline de securitate rutieră. Este deci, necesară cunoașterea funcțiilor acestora și a modului în care se poate acționa asupra lor pentru corelarea și optimizarea desfășurării normale a circulației rutiere, în vederea asigurării eficienței maxime a transportului de persoane și bunuri cu autovehiculele. Scopul general al tehnicilor managementul sistemelor de transport este să îmbunătățească eficiența sistemului de transport prin aducerea ofertei de facilități într- un echilibru mai bun cu cererea, prin abordarea problemei optimizării deplasării persoanelor cu prioritate, față de mișcarea vehiculelor, ca politică mondială de transport.

### **Sistemul traficului rutier**

Folosirea metodelor de ordonare sistematică a traficului se conduce după criteriile de eficiență în concordanță cu condițiile locale existente. Prin folosirea metodelor de direcționare se creează sistemele de trafic. Prin introducerea sistemelor de prelucrare a datelor, a devenit posibilă crearea sistemelor de reglare, adică sisteme ce au posibilitatea de adaptare în raport cu situațiile de trafic actuale. Se poate vorbi astfel, despre o reglare automată a fluxurilor de trafic sau sisteme adaptive.

Aprecierea și valorificarea măsurilor capabile să influențeze traficul reprezintă o sarcină complexă, mai ales că aceste măsuri devin eficiente, nu singure, ci în cadrul strategiei de trafic adoptate. Sistemul traficului rutier este o succesiune în timp și spațiu a acțiunii reunite a tuturor elementelor, în cadrul căruia acționează factori fizici, sociali și organizatorici sau sunt produse de sistem.

Omul influențează desfășurarea traficului, în mod considerabil după ce înregistrează și prelucrează informațiile, prin transformarea rezultatelor în decizii. În acest sens trebuie luate în considerare: perceperea și recepționarea unui stimul, cunoștințele,



Sistemul om – vehicul – drum – mediu.

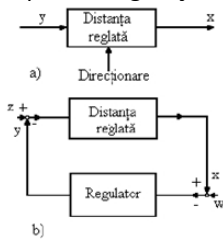
Este caracteristică în acest caz, descrierea suprafețelor de trafic disponibile în zona intersecțiilor: lungimea

segmentului de parcurs; numărul și lățimea benzilor pe un segment de drum (traseu); înclinarea și structura benzilor; vizibilitatea; numărul de benzi pentru fiecare acces al intersecției; viteza de proiectare, respectiv viteza maximă stabilită; marcarea și semnalizarea.

Asupra acțiunii reunite a acestor elemente de sistem acționează factorii de mediu care condiționează sau favorizează traficul

Factorii *fizici* acționează direct asupra vehiculelor și a rețelei de trafic și indirect asupra oamenilor numerate astfel condițiile meteorologice, întunericul, obstacolele din apropierea drumului, condițiile de drum precum și starea tehnică a vehiculelor.

Factorii *sociali* se produc, pe de o parte, ca urmare a prezenței diferitelor sisteme de trafic și de producție, pe de altă parte, prin legislația rutieră, care are un rol de bază. De regulă, omul devine conștient de importanța mediului în sistemul traficului rutier cu ajutorul mijloacelor de comunicație. Astfel, este influențată faza adoptării deciziilor în raport cu legislația concretizată în marcaje, indicatoare sau semnale rutiere.



### Sisteme de reglare automată

Manipularea factorilor *organizatorici* oferă adesea posibilitatea folosirii sistemelor dedirecționare adaptabile. Influența asupra persoanelor se produce printr-o serie de măsuri care se conduc după anumite puncte de vedere strategice. Omul are alături un așa numit sistem de dirijare alternativ care ia hotărâri în locul lui. Conducerea se produce după reguli și regulamente care, corespunzător experienței acumulate, urmează să ofere forma dorită a fluxului rutier. Succesiunea acestor acțiuni conduce la un sistem cu reacție inversă descris în *figura 1.2*.

În general, un semafor va fi pus în funcțiune, astfel încât, o anumită mărime reglată  $w$  (de exemplu lungimea cozilor) să rămână constantă pe o anumită distanță reglată (spațiul aglomerării).

Ca factor perturbator  $z$ , apare în acest caz variația fluxului rutier. Pentru a elimina influența acestui factor, acționează mărimea  $y$ , prin intermediul semaforului asupra mărimii  $x$ , (lungimea aglomerării) pentru ca aceasta, conform definiției, să rămână constantă.

În cazul "*succesiunii deschise de acțiuni*" (sistem deschis) care implică noțiunea de *direcționare*, va fi influențată numai mărimea reglată, fără ca rezultatele să fie analizate direct și abaterile de la regulă să fie corectate.

În contrast cu acest caz este cazul "*succesiunii închise de acțiuni*" sau sistemul cu reacție inversă.

Un element important al acestei succesiuni este elementul de reglare, de exemplu, instalația de trafic, care calculează abaterile valorii reale a mărimii reglate, față de valorile date (variabila  $w$ ) și încearcă să minimizeze abaterea, cu ajutorul unei modificări a variabilei  $y$ . O astfel de succesiune de acțiuni, deseori denumită *adaptabilă dinamic* sau independentă de conducere, corespunde noțiunii fizice a reglării, respectiv *buclei de reacție*.

### Sisteme de management al traficului rutier

Marea majoritate a țărilor contemporane, cu un nivel înalt de dezvoltare, au deja implementate în gestiunea traficului rutier astfel de tehnologii, sisteme de gestiune, care promovează diferite strategii, cum ar fi:

implementarea unor sisteme informaționale moderne, care ar furniza în timp real, date privind desfășurarea circulației rutiere, crearea unor rețele rutiere, care favorizează deplasarea cu mijloace de transport în comun; favorizarea transportului multimodal și crearea unor rețele rutiere care ar stimula călătorii spre utilizarea transportului electric în comun, ceea ce accentuează ecologizarea mediului urban;

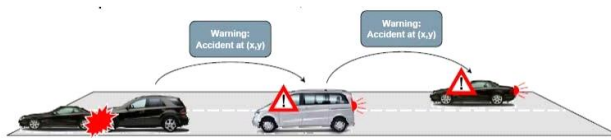
Pentru dezvoltarea capacității de circulație în centrele urbane, este necesară implementarea, utilizarea și dezvoltarea continuă a unui sistem de gestiune a transportului, care să asigure suportul cel mai adecvat, în procesul decizional privind dezvoltarea sistemului de transport urban.

### Sisteme concentrate de management al traficului

#### Sistem mixt de management al traficului

În sistemele *ATMS*, se pune accentul pe siguranță (*figura 1.6*) și mobilitate în trafic, confortul și calitatea transporturilor, fiind prelucrate datele recepționate de către senzorii rutieri, sistemul oferă o multitudine de servicii, cum ar fi: monitorizarea în timp real al mijlocului de transport, solicitat atât de serviciile de stat, cât și de societate; gestionarea informațiilor geografice, utilizând sistemele *GPS*;

informarea călătorilor prin intermediul radioului sau a panourilor cu mesaje variabile, referitor la derularea traficului; ghidarea pe rute, prin intermediul semnalelor de ghidare și/sau semafoarelor, în funcție de cerințele traficului; integrarea automată cu sistemele de dispecerizare asistată de calculator, ale poliției și pompierilor.



Sistemul ATMS de prevenire a unui accident rutier

Astfel sistemele ATMS pot furniza informații călătorilor, pot contribui la reducerea timpilor de călătorie, a celor de intervenție în caz de accidente, la evitarea aglomerărilor sau ambuteiajelor. Utilizarea eficientă a sistemelor inteligente de transport necesită integrarea tehnologiilor utilizate pentru informarea asupra traficului, a controlului vehiculelor din trafic, dar și a unor proceduri informatice pentru asistarea deciziilor manageriale.

### Strategii de dirijare a traficului

Flexibilitatea unui sistem de management al traficului pentru rețelele urbane de străzi necesită strategii de dirijare corespunzătoare. Prin *strategie* se poate înțelege stabilirea unui plan de lucru, pentru obținerea unui semnal dirijat optim adaptat situației locale și concrete de trafic, cu scopul de a învinge dificultățile stărilor de trafic variabile în timp și spațiu, reducerea posibilităților de accidente; creșterea capacității de circulație; economia de energie.

#### Elementele care stau la baza proiectării sistemului de semnalizare al traficului

Proiectul de execuție a sistemului de semnalizare are la bază informații cuprinse în două elemente de bază: matricea de timpi "între verde", tabloul timpilor invariabili. Matricea de timpi "între verde" are rolul de a garanta securitatea completă între toate mișcările posibile în intersecții, în condițiile minimizării pierderilor de capacitate de tranzitare a acestora.

Pe baza elementelor geometrice ale amenajării se determină timpii minimi necesari între sfârșitul accesului unei grupe de semafoare de pe o direcție de acces și începutul accesului unei alte grupe de semafoare de pe o direcție cu circulație antagonistă.

Timpii minimi, cuprinși în matrice, se referă la fiecare categorie de participanți la trafic (vehicule, pietoni etc). Timpii fișci, cuprinși în tabloul timpilor invariabili, reprezintă durata semnalului verde minim pentru fiecare direcție, ținând seama de viteza medie de exploatare și de lungimile de frânare corespunzătoare acestor viteze la apariția semnalului galben. Pe baza celor două grupe de informații se simulează programe de tip aciclic și ciclic pentru diferite intensități de trafic, evaluându-se timpii de așteptare. Trecerea frecventă de la un program la altul face necesară intervenția unor programe tranzitorii, care să înlăture riscul apariției unor perturbații în fluența circulației.

### Sisteme de control al traficului zonal

Dezvoltarea sistemelor de semnalizare și eficiența acestora au stat la baza realizării unor sisteme de control al traficului zonal, care integrează sisteme de semnalizare în rețeaua urbană cu sisteme de control pe tronsoane interurbane pe distanțe medii-mari, și a unor sisteme de ghidare a transportului public. Acestea dispun de centre de monitorizare. Sunt cunoscute astfel de sisteme complexe în zona München, Viena, Frankfurt pe Main, Cologne etc. unele dintre acestea fiind realizate în cadrul programelor de dezvoltare ale UE. De menționat că aceste sisteme complexe preiau funcțiuni foarte diversificate și integrează un număr mare de instituții. Astfel, sunt asigurate funcțiuni privind: semnalizare rutieră adaptivă; controlul vitezei; afișaj variabil al ghidajelor rutiere, respectiv ghidarea dinamică a rutelor; detectarea rapidă și informarea asupra accidentelor rutiere; controlul poluării; informații pentru conducători (service, stații de alimentare cu combustibil); informații privind evoluția stării meteo; informații privind parcarile; informații privind conexiunea cu alte mijloace de transport.

În scopul menținerii în regim operațional a acestei game de funcțiuni, sunt cooptate la nivelul operațional: autoritatea municipală pentru controlul semnalizării traficului; centre de ghidare a traficului regional; biroul operațional al Poliției; biroul meteorologic; asociații automobiliste; centrul de control al transportului public; administrarea parcarilor; puncte mobile de achiziții date etc.

Se înțelege că astfel de sisteme au ca suport rețele de comunicații importante atât prin cablu, cât și mobile, cu un nivel înalt de informatizare și utilizând o gamă largă de echipamente de semnalizare și de indicatoare programabile. O caracteristică a tuturor acestor sisteme este dezvoltarea lor pe etape și integrarea acestora în timp. Pentru realizarea unui sistem de semnalizare a traficului urban este necesar să se asigure următoarele elemente: un sistem de evaluare a parametrilor specifici elementelor rețelei, un sistem de modelare și simulare a planurilor de semnalizare, rețea de semnalizare cu unul sau mai multe puncte de control computerizat.

Sistemele de evaluare sunt de cele mai multe ori mobile și sunt montate pe perioade limitate pe arterele de acces în intersecții. Acestea pot acumula date asupra fluctuațiilor traficului pe parcursul zilei și săptămânal. Sistemul de modelare și simulare utilizează aceste date precum și datele privind caracteristicile nodurilor rețelei și evaluează eficiența diferitelor planuri de semnalizare. În acest scop dispune de următoarele componente: colecția de reprezentări ale elementelor rețelei rutiere (în principal privind intersecțiile) și ale datelor caracteristice acestora; module alternative privind regimurile de funcționare a nodurilor rutiere; module de alimentare a modelelor cu date caracteristice ale nodurilor rutiere; module de aplicare a cererilor de acces în intersecții: aplicarea cererilor de

acces poate urma schema ridicată de componenta de evaluare a situației reale sau poate prelimina diferite evoluții ale situației reale sau situații la limită

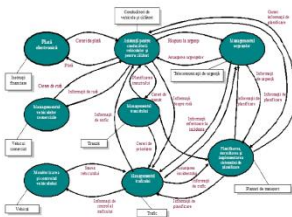
### SISTEME INTELIGENTE DE CONDUCERE

Un sistem inteligent de conducere este dezvoltat și implementat cu o metodologie inteligentă, cu o cumulare a unor tehnici ce reproduc funcții ale unor sisteme biologice.

#### Sistemele inteligente de transport ( ITS )

Sistemele inteligente de transport (ITS) cuprind o gamă largă de comunicații fără fir și fără linii bazate pe tehnologiile informației, controlului și electronicii. Atunci când sunt integrate în infrastructura sistemului de transport și chiar în vehicule, aceste tehnologii sprijină monitorizarea și administrarea fluxului traficului, reducerea congestiei, furnizarea de rute alternative călătorilor, mărirea productivității, salvarea de vieți omenești și economisirea de timp și bani.

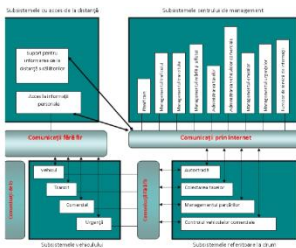
Sistemele inteligente de transport furnizează experților din domeniul transporturilor instrumente pentru colectarea, analiza, prelucrarea, comunicarea și arhivarea datelor referitoare la caracteristicile sistemelor de transport. Arhitectura logică (fig. 2.1) prezintă procesele și fluxul informațional dintre procese. În dezvoltarea arhitecturii logice sunt examinate aspectele comune din cerințele funcționale ale diferitelor servicii utilizator, astfel încât cerințele comune pot fi grupate în același set de procese. Săgețile indică direcțiile fluxului de date care sunt necesare pentru a efectua serviciile selectate. Cercurile reprezintă grupuri de procese care sunt prezentate mult mai detaliat pe nivelurile inferioare ale arhitecturii logice. Pe nivelurile cele mai de jos, cercurile descriu prelucrarea de date și algoritmul necesare pentru detectarea automată a incidentelor. În arhitectura logică grupurile de procese prezentate prin cercuri nu implică nici o alocare a responsabilităților organizaționale, dar ele indică faptul că funcția specificată trebuie să fie efectuată și să interacționeze cu alte funcții. Rolul important al arhitecturii logice este să descrie modul în care sistemul tratează anomaliile.



O arhitectură logică națională ITS

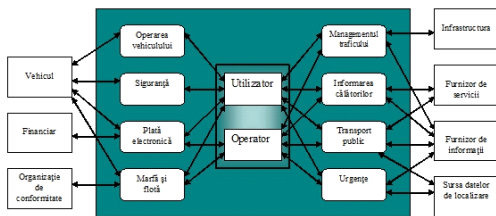
Arhitectura fizică distribuie procesele în subsisteme fizice, luând în considerare responsabilitățile instituționale. Interfețele dintre cele patru subsisteme ale arhitecturii fizice sunt indicate în figură.

Fluxul de date dintre subsisteme se efectuează prin intermediul celor trei tipuri de mijloace de comunicare. Fiecare țară sau regiune trebuie să stabilească propriile sale necesități și cerințe de utilizare în momentul începerii elaborării unei arhitecturi ITS naționale sau regionale. Anumite cerințe locale pot diferi de la o țară la alta. O arhitectură fizică definește și descrie modul în care componentele arhitecturii funcționale pot fi grupate, pentru a forma entități fizice. Principalele caracteristici ale acestor entități sunt, în primul rând, faptul că ele furnizează unul sau mai multe dintre serviciile ce sunt cerute de către necesitățile utilizatorilor iar, în al doilea rând, faptul că ele pot fi create. Acest proces de creare poate implica entități fizice, cum ar fi structuri amplasate pe drum și diferite forme de echipamente, entități care nu sunt fizice, cum ar fi *software*-ul, sau combinații ale celor două. În arhitectura fizică ITS aceste entități fizice sunt numite „sisteme etalon”.



O arhitectură fizică națională ITS

Arhitectura de referință TICS (Sistem de control și informare în transporturi) (fig. 2.3) este un model al sistemului informatic și al relațiilor sale care sprijină managementul și executarea resurselor de transport rutier într-un mediu integrat. A fost aleasă o abordare orientată pe obiect bazată pe tendințele actuale ale tehnologiei informației. Arhitectura de referință TICS este concepută pe baza modelării vizuale a sistemelor orientate pe obiect și bazată pe componentele specificate în limbajul unificat de modelare.



Caz de utilizare la nivel înalt a arhitecturii de referință TICS

Sistemele Inteligente de Transport oferă soluții de:

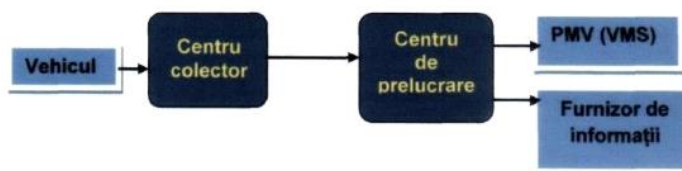
-ATMS (Sisteme Avansate de Management al Traficului) și PTMS (Sisteme de Management al Transportului Public). Se utilizează tehnologii GIS pentru localizare și orientare pe hărți digitale, tehnici multimedia pentru prezentarea directă a condițiilor de trafic și comunicații wireless pentru monitorizarea traficului.

Avantajele ATMS (Sisteme Avansate de Management al Traficului) sunt: Integrează informații rutiere transmise online de sisteme de achiziții, parametri de trafic de la camere web și detectori de trafic (senzori PIR) instalați în zona monitorizată; Integrează sisteme complementare de informare; Consolidează și prelucerează informațiile pe servere de date; Oferă prin internet servicii complexe de informare, monitorizare și control; Servicii de monitorizare a traficului pentru Poliție și autorități competente în organizarea, administrarea și optimizarea traficului rutier urban; Servicii de informare online pe harta digitală, destinate participanților la trafic.

-Avantajele PTMS (Sisteme de Management al Transportului Public): Monitorizarea în timp real a poziției mijloacelor de transport, cu ajutorul sistemului GPS și a comunicațiilor wireless; Transmiterea și recepționarea mesajelor text de la dispecerat către mijloacele de transport; Informare a călătorilor în stațiile de autobuz prin predicția orelor de sosire a vehiculelor în fiecare stație și afișarea lor în panouri de informații; Furnizarea unor informații din trafic sau de interes general, cum ar fi anunțuri explicite de întârzieri, alerte, data/timpul curent sau temperatura ambiantă; Monitorizare și analiză, în timp real și istoric, a circulației vehiculelor, cu ajutorul hărților vectoriale și a unor griduri de date; Analiza pentru evaluarea încadrării vehiculelor de transport în orarul de circulație și în ruta prestabilită și evaluarea utilizării resurselor (vehicule, combustibil, etc); Aplicații utilitare pentru digitizarea traseelor și pentru generarea automată a graficelor de circulație.

### SISTEMUL DE MONITORIZARE E TRAFICULUI PE AUTOSTRADĂ

Sistemul de monitorizare e traficului pe autostradă este un sistem inteligent de transport, realizat pentru a spori siguranța conducătorilor de autovehicule pe respectiva autostradă și pentru a le facilita accesul la anumite informații legate de infrastructură, vreme, evenimente rutiere etc. în vederea planificării unui traseu pe acea autostradă. Este un sistem inteligent de transport care oferă servicii de monitorizare și informare a conducătorilor de autovehicule, bazându-se pe achiziția de date de la fiecare autovehicul care circula pe o autostradă (fig. 3.1).



Structura sistemului de colectare a datelor

Datele sunt colectate prin intermediul senzorilor proprii fiecărui autovehicul, sunt centralizate la nivelul unui computer de bord și sunt transmise unor unități centrale pentru a putea fi prelucrate. În urma prelucrării rezultă informații cu privire la: evenimentele rutiere (accidente, congestii), starea vremii, starea carosabilului. Transmisia se face wireless, cu tehnologia CDMA pentru siguranța datelor. Vor exista celule de transmisie la un anumit număr de kilometri care vor prelua exclusiv aceste informații.

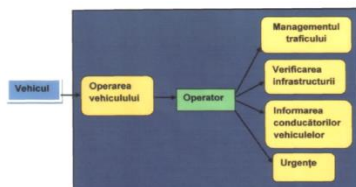
Informarea celorlalți conducători de autovehicule se face prin intermediul unor panouri cu mesaje variabile amplasate în diverse puncte. De asemenea, situația totală va putea fi transmisă pe un site dedicat și astfel accesată de cei ce se preagtesc de drum pe ruta respectivă. În cazul în care se produc evenimente rutiere nedorite (accidente, fenomene meteo deosebite) unitățile abilitate pot lua la cunoștință și localiza respectivele evenimente într-un timp scurt. Dezvoltarea sistemelor inteligente de transport a impus la nivel internațional standardizarea unor puncte de vedere pentru a cuprinde subsansamblele și scopurile acestor sisteme. Aceste puncte de vedere au fost denumite inițial arhitecturi ale sistemului.

Arhitectura fizică a acestui sistem se constituie din subsistemele fizice ale lui și legăturile dintre ele. Astfel, vehiculul transmite informația adunată cu ajutorul senzorilor, prin comunicații wireless către un centru colector, în așa fel încât toate datele privind monitorizarea de pe autostradă se află centralizate. Apoi ele sunt transmise prin Internet către un centru de prelucrare, iar informația poate fi direcționată și către anumite instituții abilitate (Poliție, Pompieri, Ambulanță, Administrația Drumurilor etc). Monitorizarea meteo se realizează cu ajutorul senzorilor de temperatură, de ploaie și de ceață. Aceștia oferă o privire de ansamblu asupra condițiilor meteorologice existente.

Monitorizarea siguranței rutiere se referă la depistarea evenimentelor de pe autostradă. Astfel, un accident poate fi depistat dacă s-a semnalat declanșarea unui airbag sau dacă viteza uneia sau mai multor mașini este foarte mică sau egală cu 0.

### Arhitectura fizică a sistemului

Comunicarea între computerul de bord al autovehiculului și sistemul de preluare a datelor poate fi realizată cu ușurință cu ajutorul soluțiilor de comunicație fără fir. Tehnologia aleasă este CDMA deoarece prezintă mai multe avantaje. CDMA (Code Division Multiple Access) este o tehnologie de telefonie mobilă cunoscută inițial drept standardul IS-95 care concurează cu tehnologia GSM (Global Systems for Mobile communication). Dezvoltată inițial de Qualcomm și îmbunătățită de Ericsson, tehnologia CDMA este caracterizată de o capacitate mare și o rază mică a celulei. Tehnologia CDMA folosește transmisia în spectru împrăștiat și o schemă de codare specială.



### SISTEME AVANSATE DE PARCARE (SAP)

#### Definirea unui SAP

SAP obține informații despre spațiile de parcare disponibile, le înregistrează și le prezintă conducătorilor auto prin intermediul semnelor cu mesaje variabile (SMV)

SAP sunt folosite în două feluri:

1. Pentru a ghida conducătorii auto aflați în zonele congestionate către cele mai apropiate zone de parcare.
2. Pentru a ghida conducătorii auto în interiorul spațiilor de parcare.



Afișaj al unui Sistem avansat de parcare

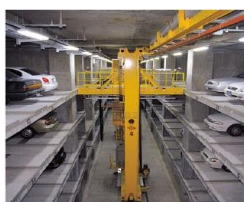
Deși este mai folosită prima soluție, cea de-a doua începe să devină din ce în ce mai comună. Aceste sisteme de ghidare se adresează nevoilor conducătorilor auto de a ști în orice moment câte locuri de parcare sunt libere într-o zonă de parcare. Aceste sisteme reduc consumul de carburant, timpul pierdut prin cautarea locurilor libere de parcare și ajută parcările să fie mai eficiente.

#### Sistemele de ghidare a parcării (SGP)

Aceste sisteme se bazează în special pe folosirea indicatoarelor de circulație pentru a anunța conducătorii auto în privința disponibilității locurilor de parcare.

#### Sisteme automate de parcare

Sistemele automate de parcare sunt construite pentru a maximiza spațiul. Aceste sisteme au fost folosite în special în Japonia. Sistemele mai vechi funcționează pe principiul unei roți cu cupe în care se stochează automobilele. Acestea spre deosebire de sistemele mai noi sunt din punct de vedere mecanic simple dar nu întotdeauna atât de eficiente din punct de vedere al spațiului.



Sistem automat de parcare

#### Automobile cu sistem de parcare automat

Parcarea laterală este o problemă pentru mulți conducători auto, amplifică și din cauza lipsei de locuri de parcare din orașele supraaglomerate. În principiu este o manevră ușoară dar care poate duce la blocarea circulației, nervi și automobile avariate. Din fericire tehnologia are un răspuns - automobile care se parchează singure, prin simpla apăsare a unui buton. Aceeași tehnologie poate fi folosită pentru sisteme anticolidiune și probabil în viitor pentru automobilele care se conduc singure.

Producătorii de automobile încep să producă automobile dotate cu acest sistem pentru ca există cerere din partea consumatorilor. Parcarea laterală este, de obicei, cea mai temută manevră dar și cea mai folosită manevră în orașele mari. Eliminarea stresului și dificultatea acestei acțiuni pare foarte avantajoasă. Acest sistem poate ajuta și la

rezolvarea problemelor cu parcare și traficul în zonele urbane foarte aglomerate. Uneori parcare automobilului în spații mici este limitată de îndemânarea șoferului. Un automobil dotat cu acest sistem poate parca în aceste spații indiferent de șofer. Acest lucru face ca locurile de parcare să fie mai libere prin faptul că mai multe automobile pot parca într-un spațiu limitat. În final sistemul poate diminua drumurile făcute la un service auto pentru a îndrepta sau revopsi părțile avariate moștenite prin manevra de parcare laterală.



**Sistem de parcare lateral automata**

Sistemul automat este folosit în special la parcare laterală (deși există automobile care se parchează automat și în garaj). Parcare laterală necesită gararea paralelă folosind o curbă și alinierea cu alte automobile. Majoritatea oamenilor necesită cu 2 metri mai mult decât lungimea propriului automobil pentru a parca "ca la carte", unii șoferi experimentați o pot face într-un spațiu mai mic.

Pentru parcare laterală un șofer trebuie să urmeze următorii pași:

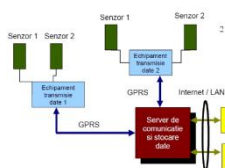
1. Oprește în fața locului de parcare; lângă automobilul din fața acestuia.
2. Întoarce roțile către interiorul curbei; dă în marșalier la un unghi de 45 grade.
3. Când botul trece de automobilul din față, îndreaptă roțile și continuă deplasarea cu spatele.
4. În final, șoferul execută câteva manevre pentru a poziționa automobilul pe aceeași linie cu cel din față.

Sistemul este prezent pe piață, nu este complet autonom dar ușurează mult

### **SISTEM DE MONITORIZARE DE LA DISTANȚĂ A STĂRII DRUMURILOR**

Sistem de teletransmisie a datelor pentru monitorizarea stării traficului. În multe aplicații controlul unor echipamente și/sau monitorizarea unor parametri ai acestora de la distanță este necesară în scopul creșterii eficienței activităților de întreținere. Tehnologii de ultima oră în telecomunicații pot fi folosite, care permit comunicarea cu locații îndepărtate fără a fi nevoie de legături de date clasice, pe fir. Tehnologia GPRS (General Packet Radio Switched) este una din principalele metode de realizare a schimbului de date cu locațiile îndepărtate.

Parametrii care pot fi măsurați și monitorizați sunt: Temperatura și umiditatea la nivelul carosabilului; Greutatea pe axă a vehiculelor; Intensitatea vântului. Echipamentele de transmisie a datelor comunică prin GPRS direct cu serverul de comunicație și stocare a datelor. Conexiunea se realizează printr-o rețea GSM folosind o soluție Virtual Private Network (VPN) care asigură de asemenea și confidențialitatea datelor culese din teritoriu. Comunicația între echipamente și server se face în dublu sens, schimbându-se informație utilă precum și comenzi. Echipamentele de transmisie a datelor și senzorii se montează în diverse locații. Datele care ajung la server sunt stocate local într-o bază de date putând fi accesate de către utilizatorii sistemului.



**Sistem de informare și monitorizare trafic rutier**

Sistemul informare și monitorizare trafic rutier este destinat monitorizării și informării participanților la traficul rutier asupra condițiilor de trafic, afișării de mesaje pentru siguranța traficului, de semne sau texte educativ-preventive. Sistemul poate fi montat în puncte critice ale șoselelor cu două sau mai multe benzi de circulație. Sistemele dotate cu modul de monitorizare a fenomenelor meteorologice furnizează date referitoare la starea vremii și a carosabilului de la locația de instalare.

Sistemele dotate cu modulul de înregistrare video cu analizor de trafic furnizează în timp real date referitoare la greutatea autovehiculelor din trafic, deosebit de utile în acțiunile de verificare a respectării greutății maxim admise a acestora. Este disponibilă și o variantă de echipare a sistemului cu modul de înregistrare video cu radar.

Construcția sistemului este modulară, ceea ce îi permite o mare flexibilitate și adaptabilitate la cerințele beneficiarului. Componentele de bază sunt următoarele:

modul afișare grafică, modul afișare alfa-numeric, modulul radar, modulul de înregistrare video cu radar, modulul de înregistrare video cu analizor de trafic, modulul de monitorizare a fenomenelor meteo, sistemul de comandă și programare.

### **Modulul de afișare grafică**



Modulul poate afișa toate semnele de circulație .Acestea pot fi programate de către utilizator.Modulul de afișare grafică este prevăzut cu memorie proprie în care pot fi memorate min. 10 semne rutiere de circulație rutieră.



Semne de circulație

#### Modulul de afișare alfa-numeric

Compus din 20 caractere alfanumerice, modulul poate fi utilizat pentru afișarea mesajelor. Mesajele sunt programabile de către utilizator. Modulul de afișare alfa-numeric este prevăzut cu o memorie proprie în care pot fi memorate min. 20 mesaje.Modulul radar.

#### Modulul de comandă și programare



Panou de mesaje rutiere

#### Modulul de monitorizare a fenomenelor meteorologice

Modulul de detecție și monitorizare a fenomenelor meteorologice (fig. 5.4) monitorizează viteza vântului, direcția vântului, temperatura părții carosabile, vizibilitatea, cantitatea și felul precipitațiilor precum și punctul de îngheț al soluției de pe suprafața carosabilului.Senzorul de stare este încorporat în suprafață carosabilă și poate să determine temperatura carosabilului, starea lui (uscat/umed) precum și prezența zăpezii și punctul de îngheț al soluției de pe suprafața carosabilului.Prin intermediul modulelor de afișare pot fi afișate diferite mesaje de avertizare în legătură cu fenomenele meteo detectate.Prin intermediul unui modem GPRS asigură transmiterea datelor la stația centrală.



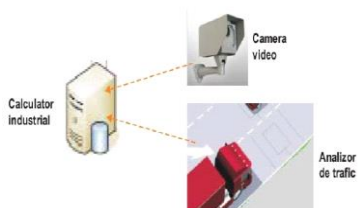
Modulul de detecție și monitorizare a fenomenelor meteorologice

#### Modulul de înregistrare video cu radar (SIV-R).



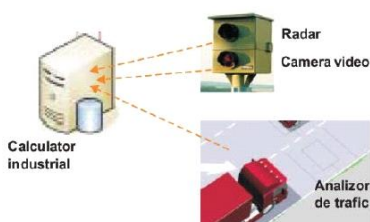
Modul de înregistrare video cu radar

### Modulul de înregistrare video cu analizor de trafic (SIV-AT)



Modul de înregistrare video cu analizor de trafic

### Modulul de înregistrare video cu radar și analizor de trafic (SIV-RAT)



Modul cu radar și analizor de trafic

### CONCLUZII

Mediul urban în care populația locuiește, activează, se instruește, își întreține, dezvoltă sau reface capacitatea de acțiune, este limitat la dimensiunile spațiului urban care trebuie distribuit echitabil între toate formele de existență menționate, rezervându-se, totodată, și o cotă necesară satisfacerii cerințelor de comunicare și deplasare între diferitele arii care se constituie în spațiul rutier urban. Creșterea spectaculoasă a traficului rutier care însoțește dezvoltarea activităților urbane nu poate fi satisfăcută de o creștere corespunzătoare a spațiului rutier. Pentru aceasta, în toate mediile economice dezvoltate s-au încercat soluții de descongestionare, orientate pe două direcții: ameliorarea amenajării spațiului rutier pentru creșterea gradului de utilizare și de îmbunătățire a caracteristicilor și parametrilor ce favorizează creșterea traficului; îmbunătățirea indicilor de utilizare a spațiului concomitent cu îmbunătățirea parametrilor de desfășurare a traficului prin control și monitorizare.

Eficiența eforturilor de îmbunătățire în acest domeniu este condiționată de abordarea sistemică a elementelor ce compun un sistem de trafic rutier. Acestea sunt:

- Spațiul rutier care cuprinde în configurația sa, căi rutiere, noduri rutiere (intersecții), lucrări speciale (porturi, tunele, refugii, parcări, serpentine, pante etc), care pot facilita sau restricționa traficul rutier. La acestea se mai adaugă lucrările speciale de semnalizare și protecție, de iluminat etc.
- Participanții la trafic, care sunt: • vehicule, autovehicule (din care o categorie aparte o constituie transportul public) • pietoni și bicicliști. Participanții la trafic au diferite caracteristici (viteze de parcurs, grade de ocupare a căilor rutiere precum și grade de securitate sau pericolozitate). De asemenea, participanții la trafic prezintă diferite priorități: grupurile de copii, bătrânii și invalizii, în cadrul categoriei pietoni, sau autovehicule oficiale sau de intervenție (salvare, pompieri, poliție), în cadrul categoriei vehicule.
- Condițiile naturale și de mediu, care influențează desfășurarea traficului rutier și care acționează asupra spațiului rutier sau asupra participanților la trafic (vânt, nebulozitate, precipitații etc.).

Domeniul aplicațiilor telematice cuprinde noile sisteme și servicii realizate prin combinarea informaticii cu tehnologiile de telecomunicații.

### BIBLIOGRAFIE

Antoci A, Plămădeală V. - Sisteme moderne de gestiune a traficului rutier și contribuțiile lor la fluidizarea circulației rutiere, TIEM\_2017, pag. 63-67

Marius Minea, Florin Domnel Grafu, Maria Claudia Surugiu, Sisteme inteligente de transport – aplicații, editura MATRIXROM, 2007.

D. F. Fistung, Eco Trafic Urban - analize si modele de optimizare , Editura Granada, Bucuresti 2006.

Doina Banciu, C.M. Alexandrescu, Sisteme Inteligente de transport - ghid pentru utilizatori și dezvoltatori, Editura Tehnică, București, 2003

<http://tet.pub.ro/mat/an5/spd/>

Sisteme inteligente de management al traficului și monitorizare a drumurilor - dr.ing. Sîrbu Marius,  
dr.ing.cms. Dan Florian

<http://www.aem.ro> - Sistemul de informare și monitorizare a traficului rutier

<http://tet.pub.ro/pages/SDTR/Laborator%202.pdf>

Revista ITS&S Nr. 6 –iunie 2009

# MĂSURĂTORI ASUPRA RADIAȚIILOR ELETROMAGNETICE ȘI IMPACTUL ACESTORA ASUPRA CORPULUI UMAN

**Autor: Andrei STAN**<sup>1</sup>

[andrei.stan@e-uvt.ro](mailto:andrei.stan@e-uvt.ro)

**Coordonator:** Conferențiar universitar doctor **Nicoleta Adina ȘTEFU**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universitatea de Vest din Timișoara (UVT), Facultatea de Fizică, specializarea: Fizică aplicată în medicină, anul I*

<sup>2</sup> *Universitatea de Vest din Timișoara (UVT), Facultatea de Fizică, Departamentul de Fizică*

## Rezumat

Lucrarea cuprinde măsurarea experimentală a unor mărimi fizice din diversele radiații electromagnetice ce sunt prezente într-o anumită arie de suprafață a municipiului Timișoara și compararea acestor niveluri cu standardele impuse la nivel național și european. Sunt consemnate o serie de efecte ale aplicării unor câmpuri electromagnetice de frecvențe și intensități diferite asupra țesuturilor și celulelor umane, efectuate în urma unor studii de specialitate. Lucrarea se încheie cu o suită de comparații și recomandări în urma coroborării nivelurilor mărimilor fizice studiate, standardele impuse pentru valorile acestora la nivel național și posibilele efecte ale acestora în urma expunerii corpului uman în aceste câmpuri electromagnetice.

## Cuvinte cheie

*Radiații electromagnetice, intensitatea câmpului electric, intensitatea câmpului magnetic, densitatea de putere, efecte biologice.*

## 9. Introducere

Prezenta lucrare ilustrează și tratează problematica expunerii corpului uman, inerent a diferitelor tipuri de țesuturi sau organe, la diverse câmpuri electromagnetice generate de tehnologiile de telecomunicații, printre care putem aminti și diferitele rețele de Wi-Fi sau semnale de telefonie mobilă. De-a lungul lucrării sunt consemnate și suite de consecințe biologice pe termen scurt, mediu și lung, suferite de corpul uman, în urma aplicării acestor tipuri de câmpuri electromagnetice.

Studiul de caz alcătuit în această lucrare constă în colectarea unor mărimi fizice caracteristice câmpurilor electromagnetice existente în aria municipiului Timișoara și compararea nivelurilor acestor mărimi fizice cu valorile reglementate de legislația europeană și națională.

## 10. Scop

Scopul lucrării este de a determina în mod experimental valorile radiațiilor electromagnetice dintr-o arie a municipiului Timișoara, exprimate în intensitatea câmpului electric, intensitatea câmpului electric și densitatea de putere și compararea acestor valori cu nivelurile acestor mărimi fizice indicate de legislația națională și europeană. Un obiectiv al lucrării este și acela de a expune posibile efecte biologice provocate de aplicarea acestor câmpuri electromagnetice asupra corpului uman.

## 11. Descrierea zonei și a obiectivului studiat

Studiul de caz s-a realizat prin măsurători experimentale ale distribuției de câmp electromagnetic în municipiul Timișoara. Datele experimentale au fost culese sistematic pe întreaga suprafață a municipiului Timișoara, în 118 puncte de măsură prezentate în harta din **Figura 1**:



**Figura 1** - Ilustrarea punctelor de pe suprafața Timișoarei din care au fost colectate date

Întreaga procedură practică dorește să aducă un plus de conștientizare a efectelor expunerii la câmpurilor electromagnetice asupra oamenilor, prin determinarea unor valori măsurate experimental, culese tocmai din contextele cotidiene din diferite regiuni ale orașului Timișoara. Colecția de date constă în măsurarea valorilor câmpului electric și magnetic, acest lucru fiind realizat prin intermediul unui aparat de măsură specializat.

## 12. Instrumente de măsură și date obținute

În vederea achiziționării de date, a fost folosit un dispozitiv din gama aparatelor de detectori ale câmpului electromagnetic (EMF). Dispozitivul Extech 480836 RF EMF Strength Meter este conceput pentru detectarea radiației electromagnetice în domeniul 50 MHz – 3,5 MHz, fiind ideal pentru identificarea radiației telefoanelor mobile, stațiile de bază, locarea punctelor de emisie a radiofrecvențelor sau a identificării scurgerilor microundelor în cazul cuptoarelor.

Parametrii de caracterizare ale capacității acestui dispozitiv sunt:

| Tip de senzor | Domeniu de frecvențe                                                             | Unități de măsură                                                                                                                                                                                     | Domenii de măsurare                                                                                                                                                                                                       | Rezoluție                                                                                           | Dimensiuni       | Greutate |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|
| Câmp electric | 50 MHz până la 3,5 MHz (măsurare optimizată pentru 900 MHz, 1800 MHz și 2,7 GHz) | $\frac{mV}{m}$ , $\frac{V}{m}$ , $\frac{\mu A}{m}$ ,<br>$\frac{mA}{m}$ , $\frac{\mu W}{m}$ , $\frac{mW}{m}$ ,<br>$\frac{W}{m^2}$ , $\frac{\mu W}{cm^2}$ , $\frac{mW}{cm^2}$<br>și $\frac{cm^2}{cm^2}$ | $20 \frac{mV}{m}$ până la $108 \frac{V}{m}$ ;<br>$53 \frac{\mu A}{m}$ până la $286,4 \frac{mA}{m}$ ;<br>$1 \frac{\mu W}{m^2}$ până la $30,93 \frac{W}{m^2}$ ;<br>$0 \frac{\mu W}{cm^2}$ până la $3,093 \frac{mW}{cm^2}$ . | $0,1 \frac{mV}{m}$ ;<br>$0,1 \frac{mA}{m}$ ;<br>$0,1 \frac{mW}{m^2}$ ;<br>$0,001 \frac{mW}{cm^2}$ . | 237 × 60 × 60 mm | 200g     |

**Tabelul 1** - Tabelul specificațiilor tehnice ale aparatului de măsură folosit



**Figura 2 - Dispozitivul Extech 480836 RF EMF Strength Meter**

Prin colectarea datelor experimentale, a fost alcătuit un tabel cu coordonatele geografice ale locațiilor din care au fost făcute măsurătorile, valorile inducției câmpului electric (E), valorile inducției câmpului magnetic (H), precum și valorile densității de putere. În formă centralizată, acestea arată astfel:

| Nr. crt.      | Latitudine      | Longitudine     | Intensitatea câmpului electric | Intensitatea câmpului magnetic | Densitatea de putere |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| <i>Simbol</i> | <i>Lat N</i>    | <i>Long E</i>   | <i>E</i>                       | <i>H</i>                       | <i>S</i>             |
| <i>u.m.</i>   | <i>grade(°)</i> | <i>grade(°)</i> | $\frac{mV}{m}$                 | $\frac{mA}{m}$                 | $\frac{mW}{m^2}$     |
| 1             | 45.7259719      | 21.2816797      | 713.80                         | 1.89                           | 1.35                 |
| 2             | 45.7264606      | 21.2798331      | 177.40                         | 0.05                           | 0.08                 |
| 3             | 45.7305375      | 21.2654386      | 1222.00                        | 3.24                           | 9.96                 |
| 4             | 45.7334090      | 21.2601792      | 1363.00                        | 3.62                           | 4.93                 |
| 5             | 45.7354672      | 21.2585725      | 1812.00                        | 4.81                           | 8.71                 |
| 6             | 45.7361564      | 21.2583158      | 938.40                         | 2.49                           | 2.34                 |
| 7             | 45.7367647      | 21.2580592      | 898.20                         | 2.38                           | 2.14                 |
| 8             | 45.7386225      | 21.2573586      | 710.10                         | 1.88                           | 1.34                 |
| 9...          | 45.7403433      | 21.2566431      | 1455.00                        | 3.86                           | 5.62                 |
| ...118        | 45.7383344      | 21.2404694      | 918.20                         | 2.44                           | 2.24                 |

**Tabelul 2 - Baza de date experimentale obținute prin măsurarea unor mărimi fizice raportate la locațiile geografice**

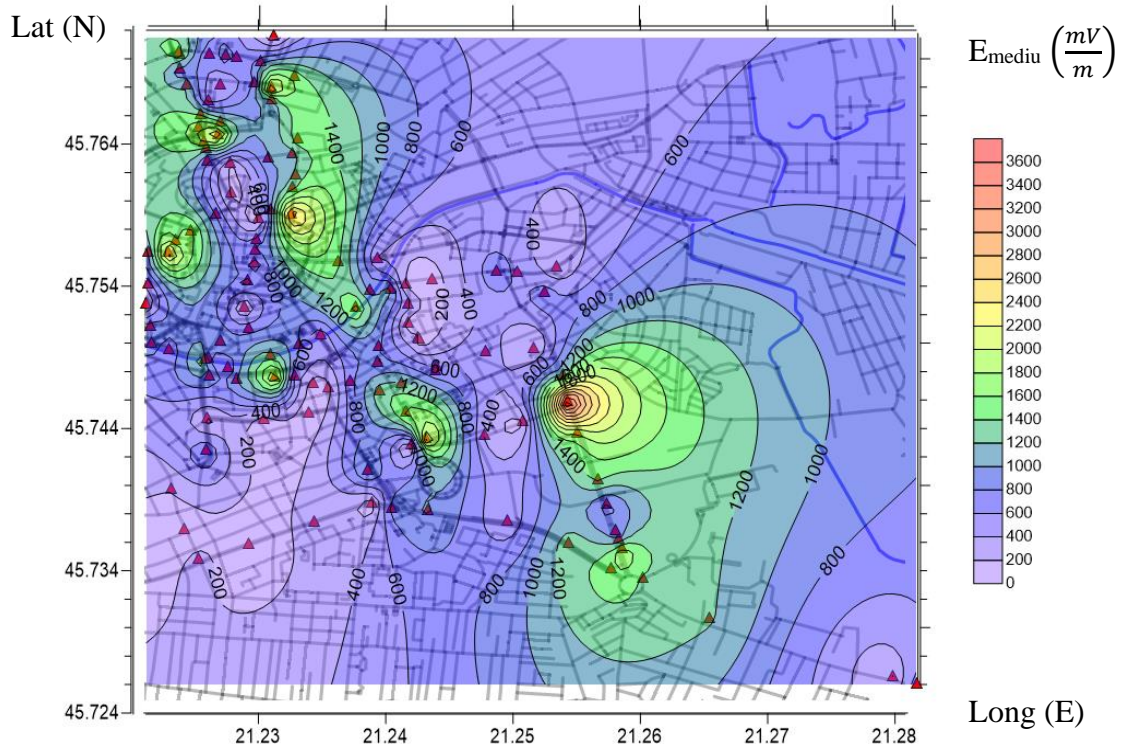
### 13. Interpretarea datelor obținute

Rezultatele măsurătorilor sunt prezentate în continuare sub forma unei distribuții spațiale suprapuse peste harta geografică a zonei (harta digitala a municipiului Timișoara din care s-a selectat porțiunea corespunzătoare a punctelor măsurate) cele două hărți fiind coincidente din punct de vedere

al coordonatelor geografice. Pentru prelucrarea datelor și realizarea hărților cu valori a fost folosit programul software Surfer 11. Valorile măsurate au fost interpolate cu metoda Kriging, pentru a obține o acoperire a întregii zone. Metoda Kriging este o metodă geostatistică de gridding care s-a dovedit utilă și populară în multe domenii. Această metodă produce hărți din date neregulate. Kriging-ul încearcă să exprime tendințele sugerate în date, conectând, de exemplu, punctele cu valori mari de-a lungul unei creste, mai degrabă decât a le prezenta ca valori izolate.

Astfel, au fost obținute trei hărți ale unor mărimi caracteristice câmpului electromagnetic în municipiul Timișoara pentru frecvență maximă din domeniul de măsură al aparatului (domeniul 50MHz – 3,5 GHz), respectiv 2,7 GHz, și anume valoarea medie a intensității câmpului magnetic,  $H_{mediu}$ , valoarea medie a intensității câmpului electric,  $E_{mediu}$ , precum și valoarea medie a densității puterii totale,  $S_{mediu}$ . Rezultatele sunt prezentate în **Figura 3**, **Figura 4** și **Figura 5**.

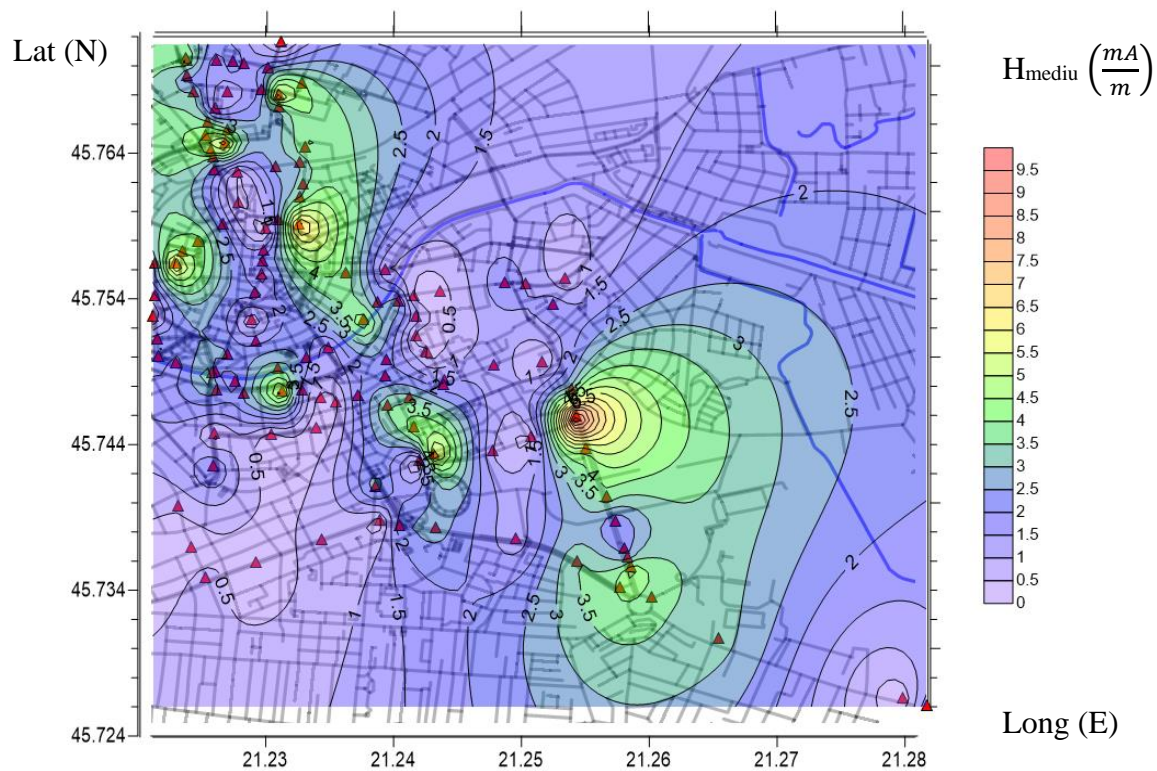
➤ Intensitatea câmpului electric  $E_{mediu}$  (mV/m)



**Figura 3** - Distribuția spațială a intensității câmpului electric  $E(mV/m)$  in Timișoara obținută din măsurători

Având în vedere domeniul obținut prin măsurătorile din **Tabelul 2**, valoarea maximă a intensității câmpului electric este de  $3200 \frac{mV}{m}$ .

➤ Intensitatea câmpului magnetic ( $H_{mediu}$ ) (mA/m)

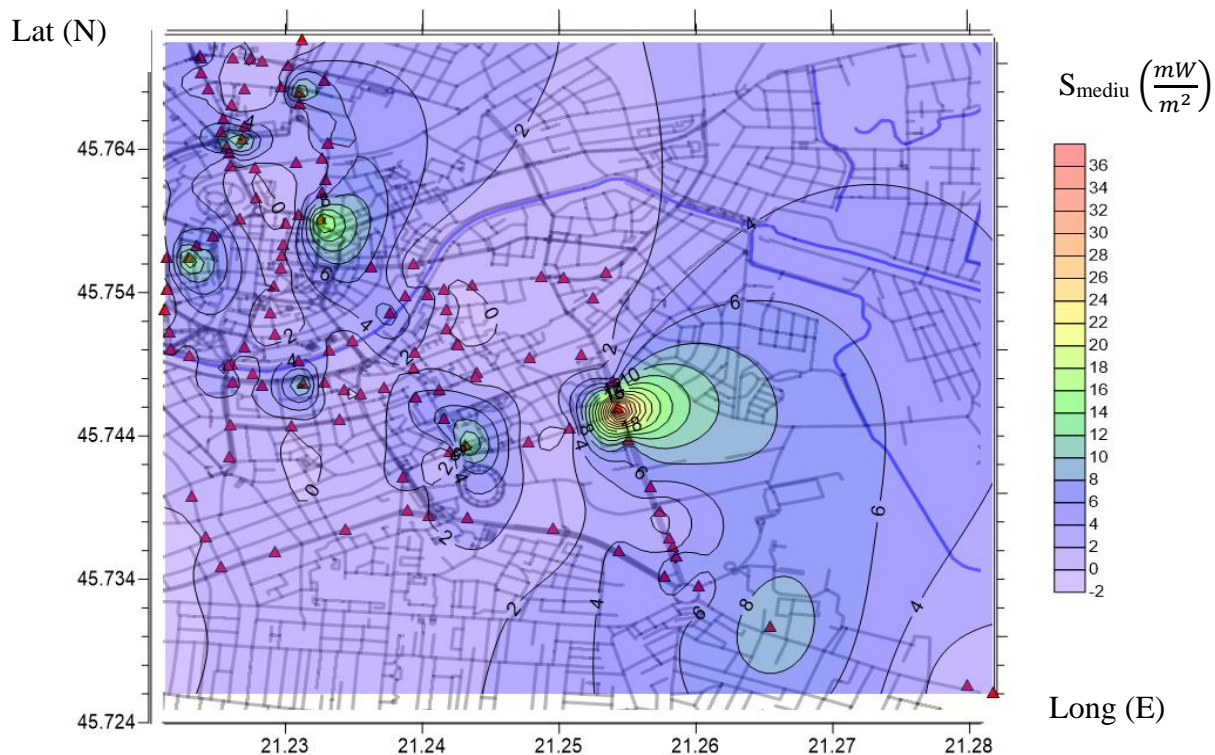


**Figura 4 - Distribuția spațială a intensității câmpului magnetic  $H$  ( $\text{mA/m}$ ) în Timișoara obținută din măsurători**

Având în vedere domeniul obținut prin măsurătorile din **Tabelul 2**, valoarea maximă a intensității câmpului magnetic este de  $9,5 \frac{\text{mA}}{\text{m}}$ .

➤ Densitatea puterii totale ( $S_{\text{mediu}}$ ) ( $\text{mW/m}^2$ )





**Figura 5** - Distribuția spațială a densității de putere totală  $S$  ( $\text{mW/m}^2$ ) în Timișoara obținută din măsurători

Având în vedere domeniul obținut prin măsurătorile din **Tabelul 2**, valoarea maximă a densității puterii totale este de  $36 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$ .

#### 14. Norme legislative

##### a. Reglementări la nivel național

În România există mai multe prevederi de ordin juridic ce definesc parametrii tehnici în care operatorii și furnizorii de servicii din domeniul telecomunicațiilor trebuie să se încadreze, astfel încât riscul de îmbolnăvire asupra consumatorului să fie unul cât mai mic. În acest sens, au fost adoptate mai multe acte normative, precum:

- Hotărârea Guvernului României nr. 520 din 20 iulie 2016 privind cerințele minime de securitate și sănătate referitoare la expunerea lucrărilor la riscuri generate de câmpuri electromagnetice.
- Ordinul Ministerului Sănătății nr. 1193 din 29 septembrie 2006 pentru aprobarea Normelor privind limitarea expunerii populației generale la câmpuri electromagnetice de la 0 Hz la 300 GHz.

În continuare, sunt evidențiate cele mai importante efecte juridice produse de actele normative nominalizate mai sus, care influențează calitatea serviciilor furnizate de către operatorii rețelelor de comunicații.

- Hotărârea Guvernului României:
  - Sunt reglementate valorile limită ale unor mărimi fizice referitoare la expunerea la câmpuri electromagnetice. Printre acestea, se pot enumera și următoarele:
  - Angajatorii trebuie să se asigure că expunerea lucrătorilor la câmpuri electromagnetice este limitată la valorile de prag din zona de siguranță.
  - Există prevederi, protocoale și sancțiuni, pentru cazul în care angajatorii nu respectă prevederile de expunere ale propriilor lucrători.
- Ordinul Ministerului Sănătății:

- Sunt stabilite norme privind limitarea expunerii populației generale la câmpuri electromagnetice de la 0 la 300 GHz. Printre acestea, se pot enumera și următoarele:

○

| Gama de frecvențe | Intensitatea câmpului electric (E) [ $\frac{V}{m}$ ] | Intensitatea câmpului magnetic (H) [ $\frac{A}{m}$ ] | Densitatea de putere (S) [ $\frac{W}{m^2}$ ] |
|-------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 10 – 400 MHz      | 28                                                   | 0,073                                                | 2                                            |
| 400 – 2000 MHz    | $1,375 \cdot f^{1/2}$                                | $0,0037 \cdot f^{1/2}$                               | $f/200$                                      |
| 2 - 300 GHz       | 61                                                   | 0,16                                                 | 10                                           |

**Tabelul 3** - Valori limită ale intensității câmpului electric, inducția magnetică și densitatea de putere, reglementate în România

- Sunt fixate praguri ale unor valori denumite restricții de bază. Acestea sunt bazate în mod direct pe efectele dovedite ale expunerii la câmpurile electrice, magnetice și electromagnetice asupra sănătății.
- Sunt fixate și praguri ale nivelurilor de referință. Acestea sunt derivate din restricțiile de bază și se referă la percepția și la efectele nocive indirecte ale expunerii la câmpuri electromagnetice.

#### b. Prevederi europene

Unul dintre organismele importante de monitorizare și reglementare a nivelurilor de radiații neionizante este The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Aceste reglementează următoarele valori limită pentru intensitatea câmpului electric (E), intensitatea câmpului magnetic (H) și densitatea de putere, atât pentru lucrătorii din domeniul telecomunicațiilor (ocupațional), cât și pentru publicul general:

| Scenariu de expunere | Gama de frecvență | Intensitatea câmpului electric (E) [ $\frac{V}{m}$ ] | Intensitatea câmpului magnetic (H) [ $\frac{A}{m}$ ] | Densitatea de putere (S) [ $\frac{W}{m^2}$ ] |
|----------------------|-------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ocupațional          | 0,1 - 30MHz       | $660/f^{0.7}$                                        | $4,9/f$                                              | neaplicabil                                  |
|                      | >30 - 400MHz      | 61                                                   | 0,16                                                 | 10                                           |
|                      | >400 - 2000MHz    | $3f^{0.5}$                                           | $0,008f^{0.5}$                                       | $f/40$                                       |
|                      | >2 - 300GHz       | neaplicabil                                          | neaplicabil                                          | 50                                           |
| Public general       | 0,1 - 30MHz       | $300/f^{0.7}$                                        | $2,2/f$                                              | neaplicabil                                  |
|                      | >30 - 400MHz      | 27,7                                                 | 0,073                                                | 2                                            |
|                      | >400 - 2000MHz    | $1,375f^{0.5}$                                       | $0,0037f^{0.5}$                                      | $f/200$                                      |
|                      | >2 - 300GHz       | neaplicabil                                          | neaplicabil                                          | 10                                           |

**Tabelul 4** - Nivelele de referință pentru expunerea întregului corp la o perioadă de peste 30 minute la câmpuri electromagnetice cu o gamă de frecvență de la 0,1 MHz la 300 GHz [International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection]

## 15. Efecte biologice

Au existat două tipuri majore de studii efectuate pentru a stabili efectele biologice ale radiațiilor wireless: prin laborator și prin epidemiologie. Testele de laborator efectuate au oferit cea mai bună înțelegere științifică a efectelor radiațiilor fără fir, dar nu au reflectat mediul real în care

funcționează sistemele de radiații wireless (expunerea la substanțe chimice toxice, biotoxine, alte forme de radiații toxice etc.). Există trei motive principale pentru care testele de laborator nu au reușit să reflecte condițiile de expunere din viața reală pentru ființele umane.

În primul rând, testele de laborator au fost efectuate în principal pe animale, în special șobolani și șoareci. Din cauza diferențelor fiziologice dintre animalele mici și ființele umane, au existat îngrijorări continue cu privire la extrapolarea rezultatelor animalelor mici la ființele umane. În plus, în timp ce substanțele inhalate sau ingerate pot fi scalate de la experimente de laborator pe animale mici la ființe umane relativ direct, radiațiile pot fi mai problematice. Pentru radiațiile neionizante, adâncimea de penetrare este o funcție a frecvenței, a țesutului și a altor parametri. Radiația ar putea pătrunde mult mai adânc în interiorul unui animal mic decât radiația cu lungime de undă similară, în corpul uman, acest lucru fiind cauzat de dimensiunile mult mai reduse ale animalelor mici. Astfel, diferite organe și țesuturi ar putea fi afectate, cu niveluri diferite de densitate de putere.

În al doilea rând, semnalul câmpurilor electromagnetice (EMF) tipic de intrare pentru majoritatea testelor de laborator efectuate în trecut a constat în frecvența de undă purtătoare unică, semnalul nefiind suprapus cu o altă sursă de semnal de frecvență mai mică. Această omisiune, respectiv nesuprapunerea mai multor surse de radiații de frecvențe diferite poate fi importantă. După cum afirmă Panagopoulos, „Este important să rețineți că, cu excepția radiației purtătoare de radiofrecvență / cuptor cu microunde, frecvențele extrem de scăzute (ELF) (0-3000 Hz) sunt întotdeauna prezente în toate EMF-urile de telecomunicații sub formă de impulsuri și modulații. Există dovezi semnificative care indică faptul că efectele EMF de telecomunicații asupra organismelor vii se datorează în principal ELF-urilor incluse. În timp ce aproximativ 50% din studiile care utilizează expuneri simulate nu găsesc niciun efect, studiile care utilizează expuneri din viața reală disponibile din comerț dispozitivele prezintă o consistență de aproape 100% în afișarea efectelor adverse” (Panagopoulos, 2019). Aceste efecte pot fi extrapolate în continuare cu tehnologia 5G: „cu fiecare nouă generație de dispozitive de telecomunicații (...) cantitatea de informații transmise în fiecare moment (...) este crescută, rezultând o variabilitate și o complexitate mai mare a semnalelor cu cele vii. Celulele/Organismele chiar mai incapabile să se adapteze” (Panagopoulos, 2019).

În al treilea rând, aceste experimente de laborator au implicat de obicei un factor de stres (stimul toxic) și au fost efectuate în condiții clare. Acest lucru contrazice expunerile din viața reală, în care oamenii sunt expuși la stimuli toxici multipli, în paralel sau în timp (Tsatsakis et al., 2016; Docea et al., 2019). În probabil 5% din cazurile raportate în literatura de radiații wireless, un al doilea factor de stres (în principal un stimul biologic sau chimic toxic) a fost adăugat la factorul de stres de radiație fără fir, pentru a se stabili dacă efectele aditive, sinergice, potențiative sau antagoniste au fost generate de combinație (Kostoff și Lau, 2013; Juutilainen, 2008; Juutilainen et al., 2006).

Experimentele combinate sunt extrem de importante deoarece, când alți stimuli toxici sunt considerați în combinație fie între ei, fie cu radiații fără fir, sinergiile tind să sporească efectele adverse ale fiecărui stimul izolat. Acest lucru a fost demonstrat în mai multe studii care au evaluat efectele cumulative ale expunerii cronice la doze mici de xenobiotice în suprapunere (Kostoff et al., 2018; Docea et al., 2018; Tsatsakis et al., 2019; Docea et al., 2019; Tsatsakis et al., 2019; Fountoucidou et al., 2019). Pentru aceste tipuri de combinații care includ radiații fără fir, expunerea combinată la stimuli toxici și radiația wireless se traduce prin niveluri mult mai mici de toleranță pentru fiecare stimul toxic în combinație în raport cu nivelurile sale de expunere care produc efecte adverse în mod izolat. În consecință, limitele de expunere pentru radiațiile fără fir atunci când sunt examinate în combinație cu alți stimuli potențial toxici ar fi mult mai mici din motive de siguranță decât cele derivate din expunerea la radiații fără fir în mod izolat.

Astfel, aproape toate experimentele de laborator de radiații fără fir care au fost efectuate până în prezent sunt limitate în ceea ce privește afișarea impactului negativ complet al radiației fără fir care ar fi de așteptat în condiții reale. Fie neincluderea informațiilor despre semnal, fie utilizarea unor factori de stres unici tinde doar să subestimeze gravitatea efectelor adverse cauzate de radiațiile wireless. Excluderea ambelor fenomene din experimente, așa cum s-a făcut în marea majoritate a studiilor raportate privind efectele radiației fără fir asupra sănătății, tinde să amplifice substanțial această subestimare. Astfel, rezultatele raportate în literatura biomedicală ar trebui privite ca: extrem

de conservatoare și de remarcat ar fi și pragul foarte scăzut al gravității efectelor adverse cauzate de radițiile wireless.

O vastă literatură publicată în ultimii șaizeci de ani arată efecte adverse cauzate de radițiile fără fir aplicate izolat sau ca parte a unei combinații cu alți stimuli toxici. Au fost publicate revizuirile ample ale efectelor biologice și asupra sănătății induse de radiații fără fir (Kostoff și Lau, 2013, 2017; Belpomme et al., 2018; Desai et al., 2009; Di Ciaula, 2018; Doyon și Johansson, 2017; Havas, 2017; Kaplan et al., 2016; Lerchl et al., 2015; Levitt și Lai, 2010; Miller et al., 2019; Pall, 2016, 2018; Panagopoulos, 2019; Panagopoulos et al., 2015; Russell, 2018; Sage și Burgio, 2018; van Rongen et al., 2009; Yakymenko et al., 2016; Bioinitiative, 2012). În ansamblu, pentru partea de frecvență înaltă (radiofrecvență - RF) a spectrului, aceste recenzii arată că radițiile RF sub recomandările Federal Communications Commission pot avea ca rezultat:

- carcinogenitate (tumori cerebrale/gliom, cancer mamar, neurome acustice, leucemie, tumori ale glandei parotide)
- genotoxicitate (deteriorarea ADN-ului, inhibarea reparării ADN-ului, structura cromatinei)
- mutagenicitate, teratogenitate
- boli neurodegenerative (boala Alzheimer, scleroza laterală amiotrofică)
- probleme neurocomportamentale, autism, probleme de reproducere, rezultate ale sarcinii, specii de oxigen reactiv excesiv stres oxidativ, inflamație, apoptoză, perturbare a barierei hematoencefalice, producerea glandei pineale/melatonină, tulburări de somn, cefalee, iritabilitate, oboseală, dificultăți de concentrare, depresie, amețeli, piele arsură și înroșită, tulburări digestive, tremur, nereguli cardiace
- impacturi negative asupra sistemului neuronal, circulator, imun, endocrin și osos.

## 16. Rezultate și discuții

În cazul frecvențelor mai mari de 2 GHz, valoarea intensității câmpului electric nu trebuie să depășească o valoare mai mare de  $61 \frac{V}{m}$ , conform prevederilor la nivel național, din **Tabelul 3**. Exprimat în unitatea de măsură folosită pentru efectuarea măsurătorilor, acest nivel de referință are o valoare de  $61000 \frac{mV}{m}$ .

Având în vedere domeniul obținut prin măsurătorile efectuate din **Tabelul 2**, acest nivel de plafon nu a fost depășit, valoarea maximă a intensității câmpului electric fiind de  $3200 \frac{mV}{m}$ , aceasta reprezentând doar 5,25% din nivelul de referință.

În cazul frecvențelor mai mari de 2 GHz, valoarea intensității câmpului magnetic nu trebuie să depășească o valoare mai mare de  $0,16 \frac{A}{m}$ , conform prevederilor la nivel național, din **Tabelul 3**. Exprimat în unitatea de măsură folosită pentru efectuarea măsurătorilor, acest nivel de referință are o valoare de  $160 \frac{mA}{m}$ .

Având în vedere domeniul obținut prin măsurătorile efectuate din **Tabelul 2**, acest nivel de plafon nu a fost depășit, valoarea maximă a intensității câmpului magnetic fiind de  $9,5 \frac{mA}{m}$ , aceasta reprezentând doar 5,94% din nivelul de referință.

În cazul frecvențelor mai mari de 2 GHz, valoarea densității totale de putere nu trebuie să depășească o valoare mai mare de  $10 \frac{W}{m^2}$ , conform prevederilor la nivel național, din **Tabelul 3**. Exprimat în unitatea de măsură folosită pentru efectuarea măsurătorilor, acest nivel de referință are o valoare de  $10000 \frac{mW}{m^2}$ .

Având în vedere domeniul obținut prin măsurătorile efectuate din **Tabelul 2**, acest nivel de plafon nu a fost depășit, valoarea maximă a densității puterii totale fiind de  $36 \frac{mA}{m}$ , aceasta reprezentând doar 0,36% din nivelul de referință.

## 17. Concluzii

- Nivelul de radiații electromagnetice identificate prin studiul de caz este de zeci de ori mai mic decât nivelul de referință stabilit la nivel național și european.

- Există un corp mare de date din studii de laborator și epidemiologice care arată că generațiile anterioare și actuale de tehnologie wireless au efecte negative semnificative asupra sănătății. O mare parte din aceste date au fost obținute în condiții care nu reflectă viața reală. Când se adaugă considerații din viața reală, cum ar fi inclusiv conținutul informațional al semnalelor împreună cu frecvențele purtătoare și inclusiv alți stimuli toxici în combinație cu radiațiile wireless, efectele adverse asociate acestei radiații sunt crescute substanțial.
- Atât reglementările la nivel național, cât și cele la nivel european, în ceea ce privesc nivelurile de referință pentru dozele de radiații electromagnetice permise sunt mult prea mari față de tehnologiile folosite în realitate. Rezultatele studiilor prezentate în această lucrare, indică efecte dăunătoare asupra organismelor vii la valori ale intensității câmpului electric și magnetic și ale densității de putere totală ale undelor electromagnetice mult mai mici decât cele existente deja pe piața operatorilor de telecomunicații.
- Este necesară efectuarea unor studii mai riguroase de cercetare și testare a efectelor potențiale asupra sănătății în contexte cotidiene pentru a corela nivelurile de referință europene și naționale, în domeniul telecomunicațiilor cu condițiile reale de viață, astfel încât expunerile excesive și dăunătoare să fie cât mai reduse.

### **Bibliografie:**

1. Directiva (UE) 2018/1972 a Parlamentului European și a consiliului din 11 decembrie 2018 de instituire a Codului european al comunicațiilor electronice).
2. Hotărârea Guvernului României nr. 520 din 20 iulie 2016 privind cerințele minime de securitate și sănătate referitoare la expunerea lucrărilor la riscuri generate de câmpuri electromagnetice.
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ([www.icnirp.org](http://www.icnirp.org)) (ICNIRP), (2020), *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100kHz to 300 GHz)*.
4. Kostoff Ronald, Heroux Paul, Ashner Michael, Tsatsakis Aristides, (2020), *Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions*, Toxicology letters.
5. Ordinul Ministerului Sănătății nr. 1193 din 29 septembrie 2006 pentru aprobarea Normelor privind limitarea expunerii populației generale la câmpuri electromagnetice de la 0 Hz la 300 GHz.
6. Regel Sabine, Negovetic Sonja, Rössli Marin, Berdiñas Veronica, Schuderer Jürgen, Huss Anke, Lott Urs, Kuster Niels, Achermann Peter, (2006), *UMTS Base Station-like Exposure, Well-Being, and Cognitive Performance*, Environ Health Per.

# STRATEGII OPTIME DE ÎNCĂRCARE A VEHICULELOR ELECTRICE

**Autor: Maria-Izabela ȘURLEA** <sup>1</sup>  
[surleamariaizabela@yahoo.com](mailto:surleamariaizabela@yahoo.com)

**Coordonator: Conf.univ.dr.ing. Dragoș PĂSCULESCU** <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea I.M.E, specializarea EIEI, anul I

<sup>2</sup> Universitatea, Facultatea I.M.E, Departamentul A.C.I.E.E

## Rezumat

Dezvoltarea mobilității electrice, coroborată cu creșterea producției de energie electrică din surse regenerabile, precum energia eoliană și fotovoltaică, reprezintă una dintre marile oportunități de reducere a CO<sub>2</sub> în următorul deceniu.

## Cuvinte cheie

*surse regenerabile, stație de încărcare, vehicul electric, rețea de distribuție*

### 1. Introducere

În perioada anilor 1940 și 1990, s-a încercat în mai multe rânduri readucerea în actualitate a mobilității electrice, dar în cele din urmă fără succes. La mijlocul anilor '90, la numai 3 ani după lansarea ultimelor vehicule „EV 1” de către General Motors (GM), GM a produs un Coupé electric cu o putere de 139 CP în ediție limitată (1100 vehicule) pe baza unui concept de finanțare prin leasing personalizat, cu o autonomie de 240 km și o viteză maximă de 160 km/h, însă și această încercare a eșuat. Începând cu anul 2009, industria vehiculelor electrice a revenit în actualitate, doar că de această dată interesul major nu este al companiilor producătoare de automobile, ci al politicilor energetice și de mediu ale UE și SUA, care susțin mobilitatea electrică ca pe o formă de mobilitate sustenabilă. Infrastructura și gradul de conștientizare reprezintă două aspecte foarte importante în integrarea mobilității electrice. Adoptarea mobilității electrice este complicată deoarece utilizatorii nu vor cumpăra VE dacă nu sunt disponibile stații de încărcare, iar investiția care s-ar putea face în infrastructură depinde de cererea de VE.

Un vehicul electric este un automobil care este propulsat de motorul electric și echipat cu o anumită infrastructură de stocare a energiei electrice la bord. Vehiculele electrice au avantaje în ceea ce privește eficiența energetică și emisiile de echipament în comparație cu automobilele convenționale pe bază de combustie internă.

În ultimii ani, vehiculele electrice au atras atenții atât din partea guvernelor, cât și a publicului în dezvoltarea și popularizarea lor. Ar trebui instituite infrastructuri publice pentru încărcarea pe scară largă pentru a oferi servicii rapide și convenabile consumatorilor pentru a sprijini popularizarea vehiculelor electrice. Acest lucru este observat din ce în ce mai des, existând deja în jur de 1000 de locații de încărcare, exceptându-le pe cele particulare.

De asemenea, statul acordă un voucher în valoare de 10.000 de euro pentru achiziția unei mașini electrice. În cazul mașinilor de tip hibrid, este acordat un voucher în valoare de 4.000 de euro, cu condiția ca acestea să fie de tip plug-in.

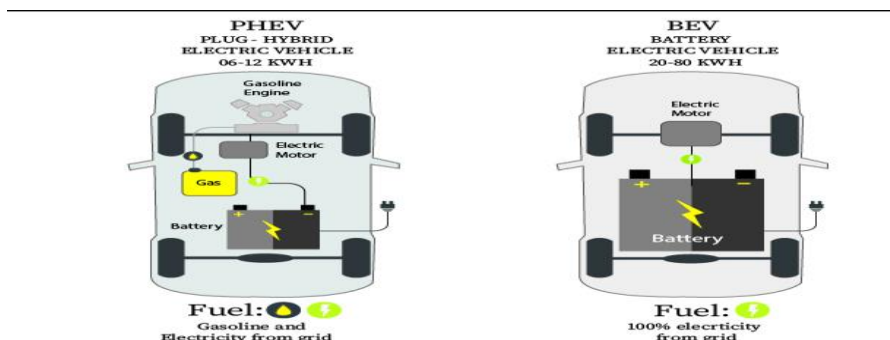
### 2. Generalități

Dezvoltarea mobilității electrice reprezintă una dintre marile oportunități de reducere a emisiilor de dioxid de carbon în următorul deceniu. Există în principal, două tehnologii care s-au dezvoltat la scară largă pe piața VE:

- vehicule electrice de tip Plug-in Hybrid (PHEV) (echipate cu un motor cu ardere internă în plus față de bateria lor pentru a asigura tracțiunea sau încărcarea bateriei)
- vehicule pur electrice – Battery Electric Vehicle (BEV) (se bazează exclusiv pe energia electrică stocată în baterie)

Ambele tehnologii necesită o infrastructură de încărcare conectată la rețeaua electrică pentru a încărca bateriile

VE



**Fig. 1. Principalele tipuri de vehicule electrice**

Din punct de vedere al sistemului energetic, VE pot fi considerate ca:

1. sarcini simple, reprezentând un consum constant din rețeaua electrică;
2. sarcini flexibile, care pot permite unei companii de tip agregator să coordoneze procesul de încărcare. O astfel de companie ar putea agrega consumul de energie electrică pentru mai multe VE și ar permite participarea acestora la piețele de energie electrică;
3. dispozitive de stocare, care pot permite unei companii agregatoare să coordoneze procedura de încărcare sau chiar să injecteze energie din bateriile lor înapoi în rețeaua electrică (Vehicle-to-Grid – V2G) atunci când este necesar (pe durata vârfurilor de sarcină).

SIAE-2P-T32 este o stație ce permite încărcarea cu energie electrică a grupurilor de acumulatori ce intră în componența vehiculelor electrice. Stația dispune de două prize de conectare a fișei cablului prin care se face conectarea dintre vehicule și stația de încărcare. Acest tip de stație permite încărcarea a două vehicule electrice cu o putere de până la 22kW (2x22kW).



Fig. 2. Stație de încărcare VE

### 3. Aspecte tehnice ale impactului vehiculelor electrice asupra rețelelor electrice de distribuție

Vehiculele electrice joacă un rol important în tranziția spre un viitor energetic mai curat. Interacțiunile dintre sectorul energiei, industria vehiculelor și potențialul rețelelor electrice inteligente oferite de mobilitatea electrică sunt urmate și analizate cu mare interes.

Rolul rețelelor electrice de distribuție este de a transfera energia electrică din rețeaua de transport către un număr mare de clienți cu puteri consumate mai mici. Rețeaua include mai multe niveluri de tensiune, conectate între ele prin transformatoare. Tipul arhitecturii rețelei, nivelul de automatizare și redundanța activelor este în mare parte determinată de nivelul de fiabilitate care trebuie menținut. Acest lucru este legat de numărul maxim și durata de deconectare a consumatorilor, permise de cadrul de reglementare al țării și al zonei în cauză.

În țările europene se poate întâlni o mare diversitate de rețele electrice de distribuție ca urmare a dezvoltării istorice diferite. Designul, nivelurile de tensiune, arhitecturile și practicile de operare sunt specifice și se schimbă de la o țară la alta. În ceea ce privește arhitectura rețelei pot fi alese diferite variante, iar cea mai comună este configurația buclată care funcționează cu rețele radiale.

Alegerea arhitecturii și capacitatea de realimentare a rețelei sunt definite la etapa de proiectare/ planificare a rețelei. Un parametru cheie utilizat în faza de proiectare/ planificare este densitatea populației din zona care va fi acoperită de rețea. Aceasta va marca distincția dintre tipul de rețele: urban, suburban și rural.

În mediul urban datorită densității mari a populației, nivelul automatizării este în general ridicat, iar calitatea serviciului este bună (în medie, un consumator este deconectat mai puțin de câteva zeci de minute într-un an). În schimb, în zonele rurale în care liniile de distribuție sunt mult mai lungi, nu este posibil din punct de vedere economic să se construiască linii de rezervă pentru a realimenta toți clienții în caz de avarie. În acest caz, calitatea serviciului este mai puțin bună.

Aspectul cheie pentru integrarea VE în rețeaua electrică de distribuție va fi gestionarea cererii, deoarece aceste impacturi pot fi atenuate dacă încărcarea VE poate fi efectuată în afara orelor de vârf de cerere. Este important să se asigure că vârful de încărcare al VE nu coincide cu vârful de consum al sistemului. O atenție deosebită trebuie acordată regiunilor turistice, în care concentrarea oamenilor se petrece în timpul weekendului sau a sărbătorilor și în zonele de divertisment, unde activitatea se desfășoară mai mult în timpul nopții decât în timpul zilei.

În concluzie, este de așteptat ca funcționarea rețelelor electrice să fie afectată de trei aspecte majore ale integrării masive a VE:

- Congestii locale: supraîncărcarea liniilor electrice și / sau probleme privind nivelul tensiunii. O bună gestionare a puterii consumate de VE este necesară pentru a evita investițiile mari în rețeaua electrică.
- Prognoza consumului: Operatorul va avea nevoie de instrumente performante de prognoză pentru a determina fluxurile de energie din rețeaua sa și apoi să o exploateze cât mai economic și eficient posibil.
- Emisia de armonici în rețea. Din punct de vedere tehnic, sunt disponibile soluții, însă standardele ar trebui actualizate pentru a acoperi cazurile în care tot mai mulți utilizatori (consumatori, producători locali) sunt conectați la rețea prin intermediul dispozitivelor ce folosesc electronică de putere.

#### 4. Rolul VE privind integrarea surselor regenerabile de energie

Generarea energiei electrice din surse regenerabile de energie prezintă beneficii importante în ceea ce privește costul redus al funcționării și reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>, însă integrarea acestora în cadrul SEE prezintă, totuși, o serie de provocări datorită naturii sale variabile și incerte.

În plus, producția cu ajutorul surselor regenerabile de energie depinde de disponibilitatea resurselor ca vânt, soare dar și de nevoile sistemului. De exemplu, în SEE cu o putere instalată mare de energie eoliană, dacă o perioadă de vânt puternic coincide cu o perioadă de consum redus, este posibil ca producția de energie a centralelor eoliene să fie redusă în mod voit pentru a menține securitatea sistemului, așa cum se arată în figura 1.12. Astfel de evenimente reprezintă o oportunitate de a încărca bateriile VE, în cazul în care încărcarea acestora este coordonată în funcție de disponibilitatea energiei eoliene.

Disponibilitatea energiei eoliene nu urmează un model cunoscut, astfel încât planificarea încărcării VE trebuie realizată cât mai aproape de timpul real, atunci când sunt disponibile prognozele de generare a energiei eoliene și fotovoltaice. Funcția de agregare poate juca un rol important în acest context.

#### 5. Grid to vehicle-transfer de la rețea către vehicul

În acest mod, sensul transferului de energie este de la rețeaua electrică către VE pentru a-și încărca bateria. Atunci când încărcarea VE se realizează la solicitarea proprietarului vehiculului, proprietarul va trebui să plătească pentru energia totală consumată.

O altă variantă este atunci când vehiculul absoarbe energie din rețeaua electrică, la cererea agregatorului, ca parte a sarcinii furnizorului de control al frecvenței. În acest caz, agregatorul ar putea fi plătit pentru activarea serviciului de reglare a frecvenței în sistem, iar o cotă corespunzătoare a acestor venituri ar reveni proprietarului VE pentru serviciul furnizat.

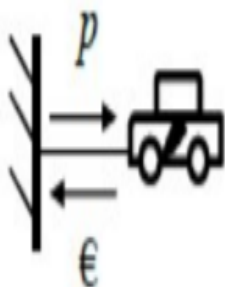
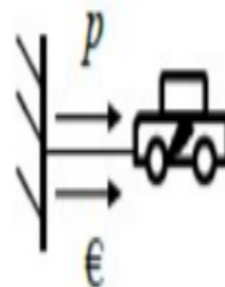


Fig 3. Grid to vehicle – modul de încărcare



Grid to vehicle – modul de control al frecvenței

#### 6. Vehicle to grid– transfer de la vehicul către rețea

În acest mod, sensul transferului de energie este de la VE către rețeaua electrică. Acest proces implică descărcarea bateriei și ar trebui declanșat doar pentru a asigura servicii auxiliare de sistem; prin urmare, proprietarul VE ar trebui compensat pentru acest serviciu.

Implementarea V2G ar însemna cicluri frecvente de încărcare și descărcare, ceea ce duce la mai multe pierderi de putere în procesul de conversie, astfel că încărcarea și descărcarea unui parc auto numeros de VE ar adăuga pierderi mari de energie pentru sistemul energetic.

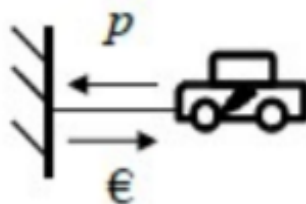


Fig. 4. Modul de funcționare vehicle to grid



## Concluzii

Conectarea unui număr mare de VE la rețeaua electrică poate conduce la noi probleme tehnice sau poate avea un impact semnificativ asupra funcționării acestuia, cum ar fi:

- schimbarea profilului de sarcină al rețelei simultan cu creșterea cererii pe durata vârfului de sarcină;
- creșterea riscului de congestie (supraîncărcare);
- schimbarea profilului de tensiune;
- creșterea dezechilibrului de tensiune între faze;
- creșterea pierderilor de putere;
- creșterea amplitudinii armonicilor.

Prin intermediul tehnologiei V2G, VE sunt capabile nu numai să consume energie electrică din rețea, ci și să trimită energie înapoi în rețeaua electrică atunci când este cazul, funcționând ca un micro dispozitiv de stocare. Acest proces implică descărcarea bateriei și ar trebui declanșat doar pentru a asigura servicii auxiliare de sistem, prin urmare, proprietarul VE va trebui compensat pentru acest tip de serviciu.

Conceptul V2G poate oferi mai multe servicii rețelei electrice, însă prezintă și unele provocări cum ar fi necesitatea de modernizare a infrastructurii rețelelor electrice atât din punct de vedere hardware, cât și software. Beneficiile unui astfel de concept includ reducerea vârfului de sarcină, uniformizarea curbei de sarcină, reglarea tensiunii, reglajul frecvenței, ceea ce va avea drept rezultat maximizarea profiturilor.

Dezvoltând și aplicând strategii optime de încărcare, este posibilă amânarea întârzierilor/investițiilor pentru niveluri considerabile de penetrare a VE. Cu toate acestea, aplicarea strategiilor de încărcare nu poate genera efecte asupra rețelelor electrice care sunt exploatate aproape de limita lor de încărcare chiar și în absența VE, acele rețele vor trebui întărite înainte de a putea “găzdui” VE.

Încărcarea inteligentă permite un anumit nivel de control asupra procesului de încărcare și include diferite opțiuni de tarifare și încărcare. Cea mai simplă formă de stimulare - stabilirea prețurilor în funcție de timpul de utilizare - încurajează utilizatorii să-și amâne încărcarea de la perioada vârfului de sarcină, în perioada golurilor de sarcină din rețeaua electrică.

Abordările mai avansate de încărcare inteligentă, cum ar fi mecanismele de control direct, vor fi necesare ca soluție pe termen lung pentru niveluri mai mari de penetrare și pentru furnizarea serviciilor de echilibrare apropiată de timpul real precum și de servicii auxiliare de sistem.

Impactul încărcării inteligente depinde de caracteristicile fiecărui sistem electroenergetic și de nivelul de implementare a încărcării inteligente. Stocarea energiei reprezintă cheia integrării surselor de energie regenerabile în rețeaua electrică, deoarece, odată cu creșterea ponderii producției de energie din surse regenerabile intermitente, este posibil să se genereze noi tarife cu beneficii economice pentru stocarea energiei și participarea activă în cadrul sistemelor inteligente de energie.

Este foarte importantă educarea oamenilor în privința VE, dar despre ce înseamnă și ce este energia verde. Foarte multe persoane au rețineri atunci când se pune problema achiziției unui vehicul electric, deoarece durata încărcării este considerată destul de mare și autonomia unui vehicul cu un preț decent este deocamdată destul de scăzută. O prezentare corectă, ar putea aduce mai mulți adepți energiei verzi.

Spre exemplu, atunci când ne gândim la procesul de încărcare al acestui tip de vehicul, cel mai probabil ne imaginăm o mașină, care se încarcă pe timp de noapte. Dar e singurul moment în care putem să încercăm o mașină? Nu. Putem face acest lucru în timp ce ne plimbăm, mergem la un film, mergem la shopping sau desfășurăm multe alte activități.

Legat de numărul de stații disponibile, cu ajutorul hărții plugshare putem vedea în timp real, numărul de stații disponibile, locația acestora și datele de contact. Rețeaua de stații este într-o continuă dezvoltare, astfel încât nu ar trebui să mai existe această teamă că nu vom avea posibilitatea să încercăm mașina atunci când pornim la drum. Iar în cazul unei mașini folosite doar în preajma locuinței, poate fi achiziționată o stație și astfel aceasta va fi la dispoziția proprietarului în orice moment.

## Bibliografie:

1. A. T. Radu, M. Eremia, L. Toma, Promoting battery energy storage systems to support electric vehicle charging strategies in smart grids, 2017 Electric Vehicles International Conference (EV), Bucharest, 2017, pp. 1-6.
2. K.M. Tan, V.K. Ramachandaramurth, J.Y.Yong, Integration of electrical vehicle in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016; 53:720–732.
3. W. Kempton, S. Letendre, Electric vehicles as a new power source for electric utilities. Transportation Research Part D- Transportation and Environment, 1997; 2(3):157–175.
4. Grid-4-Vehicles EU FP7 project, Deliverable 3.1-Report on the economic and environmental impacts of large-scale introduction of EV/PHEV including the analysis of alternative market and regulatory structures, Editors A. Shakoore and M. Aunedi

# ASPECTE PRIVIND REZOLVAREA UNOR PROBLEME DE ELECTROTEHNICĂ CU UTILIZAREA INEGALITĂȚII CAUCHY ȘI A CONSECINȚELOR ACESTEIA

**Autori:** LUPU Vlăduț Dumitru <sup>1</sup>, PĂDEANU Sebastian Mihai<sup>1</sup>  
[lupuvlad58@yahoo.com](mailto:lupuvlad58@yahoo.com) , [padeanu86@gmail.com](mailto:padeanu86@gmail.com)

**Coordonatori:** Lector univ.dr. Mihaela Aurelia TOMESCU<sup>2</sup>, Conf.univ.dr.ing. Ilie UȚU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de I.M.E., Electromecanică, anul I

<sup>2</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de Științe

<sup>3</sup> Universitatea din Petroșani, Facultatea de I.M.E

## Rezumat

În lucrare sunt prezentate aspecte privind aplicații la rezolvarea unor probleme de maxim și de minim din electrotehnică prin alte metode decât cele ale analizei matematice.

## Cuvinte cheie

Minim, maxim, matematică, aplicație, electrotehnică

### 1. Introducere

Fie că este vorba de determinarea unor valori critice ale mărimilor fizice (probleme de limită și extrem din punctul de vedere al fizicii), fie că e vorba de maxime și minime din punctul de vedere al abordării matematice, rezolvarea acestor probleme se poate faceși cu o instrumentație matematică elementară. Sunt, în general, relativ puține cazurile în care nu se poate evita calculul diferențial. Astfel cunoașterea proprietăților funcției polinomiale de gradul doi, a principalelor identități și inegalități algebrice (inegalitatea mediilor, identitatea lui Lagrange, inegalitatea Cauchy – Buniakovski – Schwartz ș.a.) a elementelor de geometrie și trigonometrie, dau posibilitatea rezolvării celor mai mari părți ale problemelor de limită și extrem în fizică. Nu odată însă, ne este dat să observăm că probleme cu un grad redus de dificultate ce se pot soluționa cu ajutorul cunoștințelor de matematică elementară, sunt rezolvate utilizând calculul diferențial care în dese cazuri eclipsează fondul fizic al problemelor în favoarea unor calcule inutile.

În continuare în lucrare se prezintă exemple de rezolvare a unor probleme de limită și extrem în electrotehnică care atestă faptul că, sprijiniți de noțiuni de matematică elementară cum ar fi și metoda rezolvării problemelor prin utilizarea inegalității Cauchy și a consecințelor acesteia.

### 2. Mediile ce intră în inegalitatea Cauchy

#### 1. Media aritmetică

Fie  $a$  și  $b$  două numere reale și pozitive. Media aritmetică a lor este numărul care se obține împărțind la 2 suma lor:

$$m_a = \frac{a+b}{2}, \quad (1)$$

Generalizând obținem că media aritmetică a  $n$  numere reale pozitive  $a_1, a_2, \dots, a_n$  se calculează după formula:

$$m_a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}, \quad (2)$$

adică împărțind suma celor  $n$  numere la numărul lor.

*Observație:* Media aritmetică a  $n$  numere reale pozitive este mai mare decât cel mai mic dintre numere și este mai mică decât cel mai mare dintre ele.

#### 2. Media geometrică (media proporțională)

Media geometrică a două numere reale pozitive se calculează după formula:

$$m_g = \sqrt{ab}, \quad (3)$$

Generalizând obținem că media geometrică a  $n$  numere reale pozitive  $a_1, a_2, \dots, a_n$  se calculează după formula:

$$m_g = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}, \quad (4)$$

### 3. Modalități de utilizare a inegalității lui Cauchy

Se cunoaște că: valoarea mediei aritmetice a două numere pozitive  $a$  și  $b$  nu este mai mică decât valoarea mediei geometrice ale acestora, adică.

$$\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{ab}, \quad (5)$$

cunoscută în matematică sub denumirea de inegalitatea Cauchy.

În afară de aceasta, este cunoscut că egalitatea  $\frac{a+b}{2} = \sqrt{ab}$  se respectă numai pentru  $a=b$ , iar inegalitatea  $\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{ab}$  se respectă pentru  $a \neq b$ .

De aici, rezultă teorema despre produsul constant: suma a două numere pozitive variabile, al căror produs este constant, are valoare minimă atunci când cele două numere sunt egale.

Din relația (11) rezultă că

$$ab \leq \left(\frac{a+b}{2}\right)^2, \quad (6)$$

Semnul „=” se respectă pentru  $a=b$ , iar semnul „<” – pentru  $a \neq b$ .

Rezultă teorema despre suma constantă: produsul a două numere pozitive variabile, al căror sumă este constantă, are valoare maximă atunci când cele două numere sunt egale.

Din teorema despre produsul constant rezultă teorema despre suma a două numere reciproc inverse: suma a două

numere reciproc inverse  $a$  și  $\frac{1}{a}$  nu este mai mică decât doi:

$$a + \frac{1}{a} \geq 2, \quad (7)$$

Într-adevăr, produsul  $a \cdot \frac{1}{a} = 1$  este constant. Însă, dacă  $a = \frac{1}{a}$ , atunci  $a = 1$ , iar suma  $a + \frac{1}{a} = 2$ . Pentru  $a \neq \frac{1}{a}$ ,

în baza teoremei despre produsul constant, rezultă  $a + \frac{1}{a} > 2$ . De aceea, dacă avem funcția  $y = \frac{1}{x}$ , atunci  $(y+x)_{\min} = 2$ .

#### 4. Gruparea problemelor rezolvate funcție de utilizarea inegalității Cauchy și a consecințelor acesteia

Problemele de extrem rezolvate prin utilizarea inegalității lui Cauchy și a consecințelor acesteia pot fi grupate în următoarele tipuri de probleme:

- probleme de extrem rezolvate prin utilizarea teoremei despre produsul constant;
- probleme de extrem rezolvate prin utilizarea teoremei despre suma constantă;
- probleme de extrem rezolvate prin utilizarea teoremei despre suma a două numere reciproc inverse.

În continuare, se vor prezenta unele exemple privind rezolvarea unor probleme de extrem prin utilizarea inegalității Cauchy în Mecanică.

#### 5. Exemple de rezolvare a unor probleme de extrem prin utilizarea inegalității Cauchy

##### 5.1. Rezolvarea problemelor de extrem prin utilizarea teoremei despre produsul constant

Exemplul 1.

Se consideră circuitul din figura 1, în care  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_3 = 9\Omega$ ,  $E = 80V$ ,  $r = 0$ , iar rezistențele  $R_2 = R_4 = x$  sunt necunoscute. Pentru ce valoare a lui  $x$  curentul care trece prin rezistența  $R_3$  are valoare maximă și care este mărimea acestei valori?

Rezolvare:

Curentul  $I$  debitat de sursa de energie este:

$$I = \frac{E}{R}, \quad (8)$$

Dar

$$R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 4 + x + \frac{9x}{9+x} = \frac{36 + 4x + 9x + x^2 + 9x}{9+x},$$

de unde:

$$R = \frac{x^2 + 22x + 36}{9+x} \Rightarrow I = \frac{80(x+9)}{x^2 + 22x + 36}, \quad (9)$$

Pe de altă parte, curentul  $I$  se ramifică în două:

$$I = I_1 + I_2, \quad (10)$$

În ramurile paralele căderile de tensiune sunt egale:

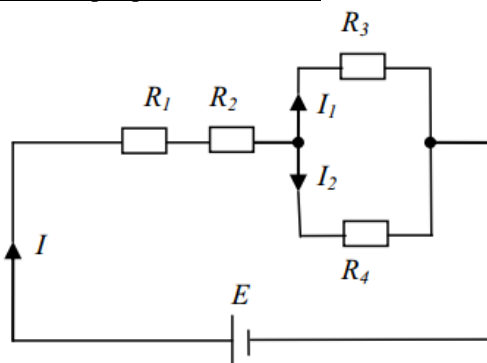


Fig.1. Circuit electric exemplul 1

$$I_1 R_3 = I_2 R_4 \Rightarrow I_2 = \frac{I_1 R_3}{R_4} \Rightarrow I = I_1 \left( 1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \Rightarrow I_1 = \frac{I R_4}{R_3 + R_4}, \quad (11)$$

Substituind relația (9) în (11), obținem:

$$I_1 = \frac{80(x+9)}{x^2 + 22x + 36} \cdot \frac{x}{x+9} = \frac{80x}{x^2 + 22x + 36}, \quad (12)$$

sau

$$I_1 = \frac{80x}{x + \frac{36}{x} + 22}, \quad (13)$$

Condiția  $I_1 \rightarrow \max$  se îndeplinește dacă  $x + \frac{36}{x} \rightarrow \min$ . Conform teoremei despre produsul constant suma a două numere pozitive variabile, al căror produs este constant, are valoare minimă atunci când cele două numere sunt egale. Rezultă că:

$$x = \frac{36}{x} \Rightarrow x^2 = 36 \Rightarrow x = 6 \Rightarrow R_2 = R_4 = 6\Omega, \quad (14)$$

Conform calculelor, se obține:

$$I_{1\max} = 2,35A$$

*Exemplul 2.*

Doi rezistori cu rezistențele  $R_1$  și  $R_2$  sunt conectați în seriela o sursă de curent continuu cu tensiunea  $U = 12V$ . Rezistența unuia din rezistori  $R_1 = 4\Omega$ . Pentru ce valoare a lui  $R_2$  puterea degajată în acesta va fi maximă? Să se determine această putere maximă.

*Rezolvare:*

Puterea degajată de rezistorul  $R_2$  poate fi prezentată în forma:

$$P_2 = I^2 R_2 = \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2} = \frac{U^2 R_2}{R_2 + 2R_1 + \frac{R_1^2}{R_2}}, \quad (15)$$

Deoarece  $R_1$  și  $U$  sunt cunoscute, rezultă că puterea  $P_2$  este maximă dacă expresia  $R_2 + \frac{R_1^2}{R_2}$  este minimă. Teorema despre produsul constant ne spune că suma a două numere pozitive, variabile, al căror produs este constant, are valoare minimă, atunci cele două numere sunt egale. Astfel obținem că

$$R_2 = \frac{R_1^2}{R_2} \Rightarrow R_1 = R_2 = 4\Omega. \text{ Puterea degajată de rezistorul } R_2 \text{ este } P_2 = 9W$$

## 5.2. Rezolvarea problemelor de extrem prin utilizarea teoremei despre suma constantă

*Exemplul 3*

Dielectricul unui condensator, de forma unei plăcuțe de grosime  $d$ , a fost tăiat în două plăcuțe de grosime  $d_1$  și  $d_2$ , astfel încât aceștia vor servi ca dielectrice a doi condensatori plani, conectați în paralel unul cu altul. În ce raport ar trebui tăiată plăcuța inițială astfel încât capacitatea totală a grupării în paralel a condensatorilor obținuți să fie minimă?

*Rezolvare:*

Capacitatea electrică totală a conexiunii în paralel se determină cu relația:

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_1} + \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_2} = \epsilon_0 \epsilon_r S \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) = \epsilon_0 \epsilon_r S \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} = \epsilon_0 \epsilon_r S \frac{d}{d_1 d_2}, \quad (16)$$

În baza teoremei despre suma constantă  $d = d_1 + d_2$ , produsul  $d_1 d_2$  are valoarea maximă pentru  $d_1 = d_2$ . De aceea

$$C_{\min} \text{ se obține pentru } d_1 = d_2 = \frac{d}{2}.$$

*Exemplul 4*

Un conductor electric de lungime dată se taie în două bucăți, iar din fiecare bucată se confecționează câte un rezistor, Conectând cei doi rezistori în serie și alimentându-i de la o sursă de curent cotinuu de o anumită t.e.m. și de

rezistență electrică interioară neglijabilă se obține un anumit curent  $I_s$ . Conectând cei doi rezistori în paralel și alimentându-i de la aceeași sursă, se obține un alt curent  $I_p$ . Cum trebuie tăiat conductorul inițial, astfel încât raportul celor doi curenți să fie maxim și care este valoarea acestuia ?

*Rezolvare:*

Fie  $E$  tensiunea electromotoare a sursei,  $l$  – lungimea inițială a conductorului,  $S$  – aria secțiunii transversale,  $\rho$  – rezistivitatea, iar  $l_1$  și  $l_2$  – lungimile celor două bucăți de conductori în care se taie conductorul inițial. Evident:

$$l = l_1 + l_2, \quad (17)$$

În cazul conectării în serie a celor două bucăți de conductori, avem:

$$I_s = \frac{E}{\frac{\rho(l_1 + l_2)}{S}}, \quad (18)$$

iar în cazul conectării în paralel:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{\frac{\rho l_1}{S}} + \frac{1}{\frac{\rho l_2}{S}} = \frac{S}{\rho} \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right), \quad (19)$$

de unde:

$$R_p = \frac{\rho l_1 l_2}{S(l_1 + l_2)}, \quad (20)$$

iar

$$I_p = \frac{E}{\frac{\rho \cdot l_1 \cdot l_2}{S(l_1 + l_2)}}, \quad (21)$$

Raportul celor doi curenți va fi:

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{ES}{\rho(l_1 + l_2)} \cdot \frac{\rho l_1 l_2}{ES(l_1 + l_2)} = \frac{l_1 l_2}{(l_1 + l_2)^2}, \quad (22)$$

Știind că produsul a două numere, a căror sumă este constantă, este maxim atunci când numerele sunt egale, adică:

$$\frac{I_s}{I_p} \text{ este maxim, când } l_1 = l_2 = \frac{l}{2} \Rightarrow \left( \frac{I_s}{I_p} \right)_{\max} = \frac{\frac{l^2}{4}}{l^2} = \frac{1}{4}, \quad (23)$$

### 5.3. Rezolvarea problemelor de extrem prin utilizarea teoremei privind suma a două numere reciproc inverse

#### Exemplul 5

Determinați numărul minim de ori de micșorare a capacității unei baterii de condensatoare, ce constă din două condensatoare, la trecerea de la conexiunea în paralel la cea în serie.

*Rezolvare:*

Raportul dintre capacitatea electrică totală a conexiunii în paralel și capacitatea electrică totală a conexiunii în serie este:

$$\frac{C_p}{C_s} = (C_1 + C_2) : \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{(C_1 + C_2)^2}{C_1 C_2} = \frac{C_1^2}{C_1 C_2} + \frac{2C_1 C_2}{C_1 C_2} + \frac{C_2^2}{C_1 C_2} = \frac{C_1}{C_2} + \frac{C_2}{C_1} + 2, \quad (24)$$

Ținând cont de teorema privind suma a două numere reciproc inverse, care spune că suma a două numere reciproc

inverse  $a$  și  $\frac{1}{a}$  nu este mai mică decât doi, obținem că valoarea cea mai mică a raportului  $\frac{C_p}{C_s} = 4$  se obține pentru  $C_1 = C_2$ .

#### Exemplul 6

Reșourile electrice, ce se încălzesc de la sursele de curent continuu, constau din două rezistențe  $R_1$  și  $R_2$ . Determinați între ce limite se micșorează puterea consumată de cele două rezistențe, la înlocuirea conexiunii lor în serie cu cea în paralel.

*Rezolvare:*

Raportul dintre rezistența electrică totală a conexiunii în serie și rezistența electrică totală a conexiunii în paralel este:

$$\frac{R_s}{R_p} = (R_1 + R_2) : \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 R_2} = \frac{R_1^2}{R_1 R_2} + \frac{2R_1 R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_2^2}{R_1 R_2} = \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_2}{R_1} + 2, \quad (25)$$

Însă  $\frac{R_1}{R_2}$  și  $\frac{R_2}{R_1}$  sunt mărimi reciproc inverse și de aceea  $\frac{R_1}{R_2} + \frac{R_2}{R_1} \geq 2$ . Rezultă că  $\frac{R_{serie}}{R_{paralel}} \geq 4$ .  
Puterea consumată se determină cu relația:

$$P = \frac{U^2}{R}, \quad (26)$$

Rezultă că pentru  $U = \text{constant}$  puterea consumată se va micșora de cel puțin 4 ori. Acest lucru va avea loc pentru  $R_1 = R_2$ .

## 6. Utilizarea unor noțiuni de matematică elementară

### Exemplul 7

Se dau două surse de curent continuu de rezistențe electrice interioare  $r_1$  și  $r_2$  și de t.e.m. variabile  $E_1$  și  $E_2$  care debitează în paralel pe un rezistor de utilizare de rezistență electrică  $R$  și tensiune constantă  $U$  (fig. 2). Să se determine valorile  $E_1$  și  $E_2$  pentru care pierderile de putere prin efect termic pe rezistențele electrice interioare ale celor două surse sunt minime, iar randamentul circuitului este maxim. Aplicație numerică:  $r_1 = 0,25\Omega$ ;  $r_2 = 0,20\Omega$ ;  $R = 1\Omega$  și  $U = 110\text{ V}$ .

Rezolvare:

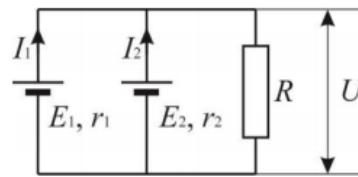


Fig. 2. Circuit electric exemplul 7

Pierderile de putere pe rezistențele electrice interioare ale celor două surse, sunt:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2, \quad (27)$$

în care  $I_1$  și  $I_2$  sunt intensitățile curenților electrici debitați de surse.

Dar

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1}; \quad I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2}; \quad E_1, E_2 > U, \quad (28)$$

Substituind (28) în (27) se obține:

$$\Delta p(E_1, E_2) = g_1(E_1 - U)^2 + g_2(E_2 - U)^2, \quad \Delta p > 0, \quad (30)$$

în care  $g_1 = 1/r_1$ , și  $g_2 = 1/r_2$  reprezintă conductanțele electrice interioare ale surselor. Relația (30) exprimă o funcție de două variabile ( $E_1, E_2$ ) ce se poate reduce la o funcție de o singură variabilă ( $E_1$ ) dacă între  $E_1$  și  $E_2$  putem găsi o funcție de „legătură”.

Într-adevăr, se poate scrie că

$$U = R(I_1 + I_2) = R \left( \frac{E_1 - U}{r_1} + \frac{E_2 - U}{r_2} \right), \text{ sau } E_1 g_1 + E_2 g_2 = U(g_1 + g_2 + G) \quad (31)$$

în care  $G = 1/R$  reprezintă conductanța electrică a utilizării.

Din (31) se explicitează  $E_2$ , și se obține:

$$E_2 = \frac{1}{g_2} [U(g_1 + g_2 + G) - E_1 g_1] \quad (32)$$

$$\Delta p = g_1(E_1 - U)^2 + \frac{1}{g_2} [U(g_1 + g_2 + G) - E_1 g_1]^2$$

Înlocuind apoi (32) în (30) se obține: , adică:

$$\Delta p(E_1) = g_1 \left( 1 + \frac{g_1}{g_2} \right) E_1^2 - 2g_1 U \left( 1 + \frac{g_1 + G}{g_2} \right) E_1 + \left[ g_1 + \frac{(g_1 + G)^2}{g_2} \right] U^2, \quad (33)$$

Așadar,  $\Delta p(E_1)$  reprezintă o funcție polinomială de gradul doi astfel încât aceasta are valoarea minimă atunci când:

$$E_1 = \frac{2g_1 U \left( 1 + \frac{g_1 + G}{g_2} \right)}{2g_1 \left( 1 + \frac{g_1}{g_2} \right) g_1} = \frac{U(g_1 + g_2 + G)}{g_1 + g_2} = 122,2\text{V} \quad (34)$$

Substituind (34) în (32) se obține,  $E_2 = E_1$  astfel încât (30) devine  $\Delta p_{min} = (g_1 + g_2)(E_1 - U)^2$ , în care substituind (34), se obține:

$$\Delta p_{min} = \frac{G^2 U^2}{g_1 + g_2} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \left( \frac{U}{R} \right)^2 = r_c \left( \frac{U}{R} \right)^2, \quad (35)$$

în care  $r_c$  este rezistența electrică echivalentă a rezistențelor electrice interioare a celor două surse.

Randamentul circuitului este

$$\eta = \frac{p_u}{p_u + \Delta p}, \quad (36)$$

în care  $p_u = GU^2$  care este puterea electrică constantă utilă cerută de consumator (utilizator). Ca urmare,

$$\eta_{max} = \frac{1}{1 + \frac{G}{g_1 + g_2}} = \frac{1}{1 + \frac{r_c}{R}} \approx 0,9 \quad (37)$$

### Exemplul 8

În fig.3 este prezentată schema electrică echivalentă aproximativă, pe o fază, a unui cuptor electric cu arc pentru topirea oțelului. Cunoscând valoarea efectivă a tensiunii alternative de alimentare  $U$ , rezistența electrică  $r$  și reactanța  $x$  din schemă, se cere să se determine:

a) Valoarea rezistenței  $R \in (0, \infty)$  a arcului electric pentru care puterea electrică utilă (dezvoltată în arc) are valoare maximă.

b) Valoarea intensității efective  $I$  și puterea electrică utilă în condițiile punctului a).

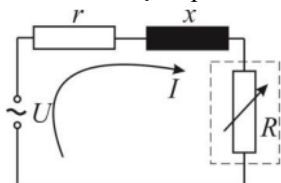


Fig. 3. Circuit electric exemplul 8

Rezolvare:

a) Puterea electrică dezvoltată în arc (puterea utilă) este:

$$p = RI^2 = R \frac{U^2}{Z^2} = \frac{RU^2}{r^2 + x^2 + R^2 + 2rR}, \quad (38)$$

în care  $I = \frac{U}{Z}, Z = \sqrt{(r+R)^2 + x^2}$

Expresia puterii (38) se poate transcrie sub forma

$$p(R) = \frac{U^2}{\frac{r^2 + x^2}{R} + R + 2r}, R \in (0, \infty) \quad (39)$$

Deoarece  $\left(\frac{r^2 + x^2}{R}\right)R = r^2 + x^2 = \text{const}$

, rezultă că  $p(R)$  are valoarea maximă atunci când:

$$\frac{r^2 + x^2}{R} = R \Rightarrow R^* = \sqrt{r^2 + x^2}; R > 0 \quad (40)$$

b) Valoarea efectivă a intensității curentului electric în circuit este:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(r+R)^2 + x^2}} \quad (41)$$

Înlocuind (41) în (40) se obține prin prelucrare:

$$I = \frac{U}{x\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{r}{\sqrt{r^2 + x^2}}} \quad (42)$$

În fine, substituind (40) în (38) sau (39) se obține

$$p_{min} = p(R^*) = \frac{U^2 r}{2x^2} \left[ \sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2} - 1 \right] \quad (43)$$

### Concluzii

Rezolvarea problemelor de maxim și minim contribuie eficient la realizarea competențelor transdisciplinare, realizează atât integrarea diferitor cunoștințe matematice cu cele dobândite în cadrul studierii altor discipline, cât și utilizarea acestora în diverse domenii. Importanța acestor probleme este deosebită din punctul de vedere al aplicațiilor practice.

Este util să se rezolve probleme, la care pot fi aplicate mai multe metode de soluționare și care cuprind un volum de cunoștințe interdisciplinare.

### Bibliografie

- [1] Palaria A., Popa, M., Utilizarea inegalității Cauchy și a consecințelor acesteia la rezolvarea problemelor de extrem la fizică, Colocviul "Interuniversitaria" Materialele Colocviului Științific Studentesc, Bălți, Moldova, 20 mai 2015, Manifestare științifică națională, Organizatori: Ministerul Educației, Culturii și Cercetării, Universitatea de Stat „Alecu Russo“ din Bălți
- [2]. Sfichi, R., Probleme de limită și extrem în fizică, București, Editura didactică și pedagogică, 1979;
- [3]. Sfichi, R., Cu privire la problemele de limită și extrem în fizică, Fizica și Tehnologiile Moderne de fizică, CZU: 53(076), Pag. 34-46



# PROCESE DE PRODUCTII INDUSTRIALE INOVATIVE

**Autori: Cristina SUCIU** <sup>1</sup>

[cristina\\_suciu27@yahoo.com](mailto:cristina_suciu27@yahoo.com)

**Coordonator:** Prof.univ.dr.ing. Nicolae ILIAS <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universitatea din Petroșani, Facultatea de I. M. E., specializarea: Departamentul de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, anul III*

<sup>2</sup> *Universitatea din Petroșani, Facultatea de I. M. E., specializarea: Departamentul de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi*

## Rezumat

În decursul dezvoltării industriale au existat o serie de încercări de a impune o anumită ordine conceptuală în analiza procesului de inovare, cu scopul de a înțelege natura și modul de desfășurare a activităților de inovare și pentru a asigura o bază mai sigură necesară formulării politicilor de inovare. În această privință, au fost elaborate diferite modele ale procesului de inovare pe baza cărora să fie posibilă ordonarea gândirii noastre asupra inovării. De regulă, astfel de modele ale procesului de inovare au fost divizate în câteva faze sau stadii care se referă la cercetarea de bază (fundamentală), în care apar noi descoperiri științifice, cercetarea aplicativă în care descoperirile științifice sunt transformate prin proiectare-inginerie în elaborări practice de noi produse, procese, servicii; aceste noi realizări tehnico-științifice inovative, în urma unor procese de producție sunt transformate în bunuri comercializabile care sunt difuzate în cadrul economiei. . Interesul în creștere pe plan mondial pentru intensificarea activității inovaționale a întreprinderilor, cu deosebire cea tehnologică, este urmărit atât pentru menținerea sau sporirea competitivității economiilor naționale, cât și ca urmare a conștientizării efectelor rezultate din activitatea economică asupra consumului de resurse și mediului, ceea ce impune conceperea de noi modele de producție și consum. În lucrarea de față urmărim revederea celor mai importante contribuții din literatură în planul implicațiilor inovării tehnologice în economie, la nivel micro- și macroeconomic, prin prisma capacității organizațiilor de a genera noi idei, în suportul creșterii producției, ocupării forței de muncă și protecției mediului, pornind de la conceptele de inovație, proces inovațional și, respectiv, de la analiza tipologiei inovațiilor.

**Cuvinte cheie** inovație tehnologică; proces inovațional; producții industriale, cercetare-dezvoltare; dezvoltare economică.

## 1. Introducere

Conceptul de „proces de inovare” este mai larg decât conceptul de „inovație”, de când inovația propriu-zisă (inovația) este una dintre componentele procesului de inovare. Una dintre problemele fundamentale referitoare la dinamica procesului de inovare este reducerea intervalului de timp, decalajul dintre apariția noilor cunoștințe și utilizarea, implementarea, etc. inovație. Cu alte cuvinte, există adesea un decalaj semnificativ de timp între primele două componente ale procesului de inovare - inovație și inovare, ceea ce încetinește procesul de inovare în ansamblu. Un aspect important al acestui proces este capacitatea inovatoare. Abilitatea inovatoare este înțeleasă ca o caracteristică structurală a organizării vieții sociale și economice dintr-o țară sau o corporație individuală pentru percepția rapidă a producției și diseminarea de noi produse și servicii.

Principalele componente ale procesului de inovare. Astfel, procesul de inovare este un lanț secvențial de evenimente, de la o idee nouă la implementarea sa într-un produs, serviciu sau tehnologie specifică și răspândirea inovației. Esența procesului de inovare constă în acțiuni vizate legate de inițierea și dezvoltarea unui nou produs sau serviciu, implementarea pe piață și diseminarea sa ulterioară. Procesul de inovare este un set secvențial de acțiuni de la ideea de inovație la proiectarea, crearea, implementarea și diseminarea acestei inovații. Vom lua în considerare aceste etape de la concepție până la implementarea sa mai jos. Cu alte cuvinte, procesul de inovare este activitatea unei entități economice, adică un proces care constă în dezvoltarea și implementarea rezultatului cercetării științifice a unui produs sau serviciu nou sau îmbunătățit vândut pe piață sau a unui proces tehnologic. care este utilizat în activitățile de producție.

## 2. Procesul de inovare

Începe cu inițierea - o activitate care constă în definirea scopurilor și obiectivelor sale, înțelegerea ideii corespunzătoare și documentarea acesteia. Aceasta din urmă este transformarea sa într-un document al drepturilor de proprietate (certificat de drept de autor, licență) și într-un document tehnologic. Inițierea inovației este începutul procesului de inovare. După ce ideea unui nou produs a fost documentată, se realizează marketingul inovației, în cursul căruia este investigată cererea pentru un nou produs sau serviciu, cantitatea sau volumul producției, caracteristicile mărfurilor și

proprietățile consumatorului care ar trebui să se afle într-un produs intrarea pe piață sunt determinate. După aceea, are loc vânzarea inovației și apare pe piață un mic lot de produse care sunt promovate, evaluate și diseminate.

Promovarea inovației este un sistem de măsuri care vizează punerea sa în aplicare. După aceea, se efectuează un calcul economic al eficacității sale. Procesul de inovare culminează cu proliferarea. Difuzare (tradus din latină - răspândire, răspândire) înseamnă răspândirea inovației stăpânite în domenii noi, pe piețe noi și într-o nouă situație economică și financiară.

Managementul proceselor de inovare ca subiect de cercetare a parcurs 4 etape principale în evoluția sa. La prima dintre ele, a fost implementată o abordare factorială, în care au fost luate în considerare criteriile de evaluare pentru fiecare componentă constitutivă a managementului corespunzător. În acest moment, în cea mai mare parte, au fost utilizate metode extinse de dezvoltare, care s-au manifestat printr-o creștere cantitativă a potențialului științific și tehnic.

A doua etapă a fost caracterizată prin dezvoltarea conceptelor de funcții inovatoare de management, cu accent pe studiul tipurilor de management și procesul de adoptare a SD. În cea de-a treia etapă, au început să se aplice ceea ce a făcut posibilă considerarea subiectului activității inovatoare (întreprindere, organizație etc.) ca un sistem de componente interconectate intern, axat pe atingerea unor obiective specifice și principiul feedback-ului.

A patra etapă se corelează cu popularitatea crescândă a înțelegerii obiectivelor, semnificației și conținutului managementului inovator, ceea ce face posibilă analiza factorilor din mediul extern și intern, sistematizarea și combinarea într-un mod optim a diferitelor modele de comportament ale unui manager inovator sau decizii de management eficiente.

### **3. Tipuri de structuri de producție și concepție**

Există trei tipuri principale:

1. Structura de producție de tip tehnologic;
2. Structura de producție pe produse;
3. Structura de producție mixtă.

Structura de producție tehnologică se bazează pe modul organizării secțiilor de producție de bază după principiul tehnologic. Acest tip de structură la care unitățile de producție sunt specializate pentru executarea unui anumit stadiu sau a unei anumite faze a procesului tehnologic pentru toate produsele întreprinderii care necesită acest lucru, se adoptă la întreprinderile cu producție individuală sau de serie mică.

Avantaje: a. asigură fabricarea unei nomenclaturi variate de produse; b. permite o folosire rațională a utilajelor printr-o încărcare completă; c. creează condiții pentru folosirea optimă a muncitorilor din întreprindere, care au o astfel de participare încât să poată executa un tip de operație la o diversitate de produse.

Dezavantaje: a. necesită un volum sporit de transporturi interne, ca urmare a amplasării utilajelor pe grupe omogene de mașini; b. cresc întreruperile în funcționare a utilajelor, datorită timpilor de reglare necesități de trecerea de la fabricarea unui produs la altul; c. se micșorează răspunderea colectivității secțiilor pentru calitatea produsului final, ca urmare a trecerii produselor pentru prelucrare la mai multe secții; d. nu permite folosirea organizării producției în flux, cu avantajele pe care prezintă aceasta.

Structura de producție pe produse se caracterizează prin faptul că organizarea secțiilor de producție este făcută după principiul obiectului de fabricație, fiecare secție fiind astfel organizată încât să asigure fabricarea unui produs sau a unei părți a acestuia. Acest tip de structură este recomandată la întreprinderile organizate pe producția în masă sau în serie mare.

Avantaje: a. asigură organizarea producției în flux în cazul secțiilor de producție; b. permite o specializare continuă a producției cu toate avantajele ce decurg din aceasta; c. creează condiții necesare pentru introducerea de tehnologii noi; d. permite specializarea cadrelor și creșterea calificării lor; e. asigură creșterea productivității muncii, reducerea ciclului de producție și a costului de producție;

Dezavantaje: a. are o flexibilitate redusă, schimbarea sortimentului sau structurii acestuia necesitând reorganizarea secțiilor de producție, ceea ce determină în prelucrarea folosirii utilajelor, a forței de muncă și apariția unor costuri suplimentare; b. schimbarea structurii sortimentelor poate duce la folosirea incompletă a unor utilaje. Acest tip de structură poate fi folosit în condițiile producției de serie mare sau de masă.

Structura de producție mixtă se caracterizează prin faptul că organizarea secțiilor de producție se face după principiul mixt (o parte după principiul tehnologic și o parte după principiul pe produse).

Avantaje: a. permite fabricarea unei nomenclaturi variate de produse, în condițiile folosirii organizării producției în flux, la unitățile de producție cu producția organizată după principiul pe obiecte; b. asigură o flexibilitate sporită a întreprinderii, atunci când se trece la fabricarea unor noi produse; c. creează condiții pentru specializarea unor secții în anumite produse, asigurând prin aceasta, creșterea productivității muncii și reducerea costurilor de producție; d. permite introducerea de tehnologii noi;

Dezavantaje: a. datorită organizării secțiilor de producție după principiul tehnologic, volumul transporturilor în aceste secții este ridicat, având loc întreruperi în fabricația produselor, mărinde astfel durata ciclului de fabricație. Proiectarea unei structuri de producție și concepție. Indicatori de studiu și analiză. Proiectarea unei structuri de producție și concepție necesită cunoașterea tipurilor de structuri posibile de folosit, cu avantajele și dezavantajele lor. O structură

de productie reprezinta o expresie concreta, pe plan organizatoric, a modului de desfasurare a procesului de productie in intreprinderile industriale si impune, ca prin proiectarea sa, sa se adopte solutiile corespunzatoare referitoare la urmatoarele probleme: a. stabilirea gradului de integrare a intreprinderii si a tipului de structura ce se va adopta; b. precizarea gradului de marime a intreprinderii si a unitatilor de productie, precum si a numarului de unitati de productie si felul lor; c. asigurarea unei proportii intre capacitatile de productie; d. asigurarea unui raport rational intre marimea unitatilor de productie de baza, a celor auxiliare si a celor de deservire. Se pot prevedea unitati de productie pentru toate stadiile procesului de productie = integrare completa, sau numai pentru anumite stadii = integrare partiala. Odata stabilite gradele de integrare, cunoscandu-se nomenclatura produsului fabricat si cantitatea de executat, din fiecare fel de produs se va adopta tipul de structura cel mai potrivit pentru conditiile date de fabricatie.

In cazul unei productii in masa, se va adopta o structura de concepie si productie de tipul pe obiect. Pentru o productie individuala sau de serie mica, se va adopta o structura de tip tehnologic, iar pentru productia de serie mijlocie se va adopta o structura de tip mixt. Dupa aceste doua etape, proiectarea unei structuri de productie necesita precizarea gradului de marime a intreprinderii, care reprezinta un factor important in proiectare, luandu-se in considerare avantajele si dezavantajele intreprinderilor mari, mijlocii si mici, pentru o ramura industriala data.

Construirea intreprinderilor mari cu o productie concentrata, permite folosirea unor utilaje si agregate de inalta tehnicitate si de mare randament. Pentru ramurile industriale ce folosesc utilaje scumpe din punct de vedere economic, se impune adoptarea tipului de intreprinderi mari. La determinarea gradului de marime a intreprinderii, trebuie tinut seama de principiul unanim acceptat al imbinarii construirii intreprinderilor mari cu cel al construirii intreprinderilor mici si mijlocii. In raport cu gradul de marime al intreprinderii se determina gradul de marime al 28 unitatilor de productie. In cazul folosirii unor masini, utilaje si agregate de mare capacitate, se impune, de la sine, adoptarea solutiilor de construire a unor unitati de productie mari. In celelalte cazuri, dimensionarea unitatilor de productie se face pe baza criteriilor tehnico - economice, in functie de capacitatea de productie a verigii conducatoare. Se urmareste asigurarea unui flux tehnologic rational, o folosire completa a suprafetei de productie, o buna organizare a productiei si a muncii, si o reducere sistematica a costurilor de productie. Odata dimensionate, unitatile de productie urmeaza determinarea necesarului de personal pentru fiecare unitate in parte, iar dupa aceea, se apreciaza sectiile, atelierelor, sectoarele, liniile de productie in flux si celelalte elemente structurale de baza. In cadrul desfasurarii procesului de productie tehnologica intre diferite unitati de productie, exista anumite legaturi functionale de productie.

Asigurarea continuitatii si ritmicitatii in desfasurarea productiei necesita o astfel de dimensionare a capacitatii de productie a diferitelor unitati, incat sa se asigure continuitatea produsului pe baza proportionalitatii necesare intre diferitele capacitati, cu eliminarea excedentelor sau deficitelor de capacitati de productie. Asigurarea unei structuri de productie necesita analiza periodica a acestei proportionalitati, pe baza intocmirii balantelor de capacitate, pe baza identificarii excedentelor sau a locurilor inguste si adoptarea de masuri operative pentru lichidarea acestora sau pentru folosirea excedentelor create.

#### **4. Condiții pentru o bună inovare la nivelul unei întreprinderi**

Având la bază importanța desfășurării activităților de inovare la nivelul unei companii, importanță evidențiată și detaliată mai sus, este esențială determinarea condițiilor ce trebuie respectate de întreprinderea care dorește orientarea către această activitate. Astfel, se conturează următoarele condiții obligatorii pentru asigurarea unei bune inovări la nivelul unei întreprinderi: - susținerea și încurajarea activității de inovare de către conducerea întreprinderii; - asigurarea unei bune circulații a informațiilor dinspre mediul extern către întreprindere dar și în interiorul acesteia, la nivelul angajaților; - identificarea perioadă a nevoilor pieței și modificările de structură ale acesteia; - menținerea unei legături permanente și strânse cu mediul științific; - încurajarea formării ideilor de către diferiți angajați și analiza acestora; - acordarea unei atenții sporite în formarea echipelor care au ca scop implementarea ideilor formulate în etapa de conceptualizare. Este absolut esențială alegerea unui personal cu un nivel ridicat de calificare, care să aibă capacitatea de a rezolva problemele ce pot apărea în diferitele etape ale procesului de inovare. - formarea unei echipe interdisciplinare pentru introducerea elementelor de inovare

După cum a fost evidențiat în prima parte a lucrării, inovația reprezintă un proces amplu, care presupune parcurgerea mai multor etape și necesită cunoașterea unor elemente din mai multe domenii. Prin urmare existența în cadrul echipei de introducerea a elementelor de inovare, a unui personal din mai multe zone domenii este absolut esențială. - orientarea conducerii către identificarea unor modalități eficiente de motivare a personalului direct implicat în procesul de inovare; - stabilirea unor proceduri clare și corecte de evaluare a rezultatelor înregistrate de angajați; - crearea și menținerea unui climat concurențial atât în interiorul firmei cât și în afara acesteia; - formularea unei politici clare a întreprinderii orientate spre inovare; - crearea unei politici de concentrare a resurselor întreprinderii către un număr restrâns de proiecte de inovare; - identificarea corectă a surselor de finanțare necesare realizării proiectului de inovare; - crearea departamentului de cercetare-dezvoltare-inovare în cadrul întreprinderii și implicarea acestuia în toate etapele specifice procesului; - crearea unei legături solide între întreprindere și principalii clienți ai acestora. Principalii factori care contribuie la asigurarea succesului unei inovații: a. Deschiderea spre mediului înconjurător firmei – o analiză

corectă și completă a mediului intern și mediului extern specific firmei oferă informații prețioase cu privire la poziția acesteia pe piață și capacitatea de implementare a proiectului de inovare; b. Resursele umane – considerate principala categorie de resurse dat fiind faptul că pot contribui semnificativ la crearea și menținerea unui avantaj competitiv specific firmei; c. Resursele tehnologice d. Resursele financiare e. Organizarea întreprinderii f. Strategia adoptată – este esențială și foarte adesea ignorată de IMM-uri; g. Conducerea întreprinderii – prin imaginea pe care o are asupra importanței inovării, prin modul în care reușește să asigure interfața cu mediul extern și de a mobiliza eficient totalitatea resurselor de care dispune

### **5. Importanța inovării.**

Inovarea reprezintă un element important și definitoriu pentru dezvoltarea unei societăți care activează într-un mediu competitiv aflat într-o permanentă schimbare.

Nevoile oamenilor se schimbă rapid în ultima perioadă, iar pentru adaptarea organizației la aceste schimbări și menținerea unui avantaj competitiv solid față de firmele concurente, inovarea poate constitui o strategie eficientă în acest sens. Inovarea ca proces, asigură: - reducerea costurilor de producție; - sustenabilitatea companiei; - adaptarea produselor la cerințele clienților; - crearea unor tehnologii noi, mai performante; - ameliorarea performanțelor procesului de fabricație; - schimbarea naturii produselor și implicit a performanțelor acestora care să permită întreprinderii acoperirea unei nevoi mai mari de consum; - reducerea duratelor de realizare a produselor prin folosirea unor tehnologii inovatoare;

Factorii determinanți ai inovării: - nevoia de dezvoltare a societăților în anumite momente din viața acesteia; - nevoia de menținere a poziției actuale pe piață sau îmbunătățirea acesteia prin creșterea cotei de piață; - diversificarea nevoilor clienților și necesitatea găsirii unor soluții corespunzătoare satisfacerii acestora; - obligativitatea alinierii la reglementările în vigoare, legislație, cerințe sociale; - nevoia de a face față unei reduceri a ofertei de materiale prin substituirea celor existente cu produse noi inovatoare; - nevoia de a face față unei scumpiri a materialelor; - viziunea companiei.

Principalii factori care determină reducerea activității de inovație la nivelul unei companii sunt: - lipsa accesului la finanțare; - lipsa personalului creativ și inovator; - lipsa aptitudinilor de management, inclusiv managementul inovării; - lipsa cunoașterii cu privire la beneficiile inovării; - contextul economic; - lipsa accesului la cunoaștere; - lipsa cunoașterii despre instrumentele de sprijin; - lipsa facilităților de stimulare a cooperării dintre actori; - lipsa accesului la baza de date și clustere; - dificultăți în identificarea partenerilor pentru inovare; - lipsa protecției inovărilor; - costurile ridicate ale inovării; - amânarea din partea conducerii a riscurilor induse de schimbare; - incertitudini privind evoluția materiilor prime și a cererii noului produs; - dificultățile care apar la trecerea de la faza de proiectare la faza de implementare.

### **6. Concluzii**

Lumea în care trăim se află într-o continuă și accelerată schimbare, care a determinat de-a lungul timpului apariția unor adevărate revoluții industriale. Noua revoluție, a treia pe care o cunoaște omenirea a fost caracterizată prin apariția unor noi ramuri industriale dominante și o schimbare a activităților de management, orientate tot mai mult spre o cât mai bună gestionare a resurselor tehnologice și spre activitatea de inovare.

În contextul existenței unui trend tot mai evident de dezvoltare a activităților inovatoare, firmele sunt nevoite să găsească soluții care să le permită adaptarea la schimbările ce caracterizează mediul actual. Într-un mediu competitiv, aflat într-o continuă schimbare inovarea reprezintă o activitate esențială pentru dezvoltarea/supraviețuirea întreprinderilor în orice domeniu. Privită și ca o strategie eficientă pentru dezvoltarea unei întreprinderi sau pentru menținerea acesteia pe piață, procesul de inovare poate fi îngreunat de lipsa accesului la finanțare și incapacitatea întreprinderii de a acoperi suma costurilor generate de proces. Inovațiile, sub toate formele lor pot contribui la reducerea costurilor de producție a produselor și implicit a prețului de vânzare a acestora, asigurând crearea unui important avantaj competitiv pentru întreprinderile din construcții și nu numai.

### **Bibliografie:**

1. Eco-innovation Observatory, Resource-efficient construction. The role of eco-innovation for the construction sector in Europe, EIO Thematic Report, 2011
2. INS, Anuarele statistice ale României 2008-2012
3. Manualul Frascati al OECD, 1981
4. Regis Larue de Tournemine, Strategies technologiques et processus d'innovation, Ed. d'Organisation, 1991
5. South Est European, Ghidul metodologic al inovării, I3

# DETERMINAREA REGIMUL OPTIM DE FUNCȚIONARE PENTRU DOUĂ TRANSFORMATOARE DE DISTRIBUȚIE 6 / 0,4 KV PE BAZA CRITERIULUI PIERDERILOR DE PUTERE SAU DE ENERGIE MINIME

**Autori:** Andreea Elena ONESCU<sup>1</sup>,  
[andreea.elena2603@gmail.com](mailto:andreea.elena2603@gmail.com)

**Coordonator:** Conferențiar universitar doctor inginer **Ilie UȚU**<sup>2</sup>  
Asistent universitar doctor inginer **Andrei Cristian RADA**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitatea, Facultatea, specializarea: Universitatea din Petroșani, I.M.E., Electromecanică, anul 3

<sup>2</sup> Universitatea, Facultatea, Departamentul: Universitatea din Petroșani, I.M.E., A.C.I.E.E

<sup>3</sup> Universitatea, Facultatea, Departamentul: Universitatea din Petroșani, I.M.E., A.C.I.E.E

## Rezumat

Transformatoarele de distribuție sunt elementele de bază ale rețelelor electrice, deoarece asigură alimentarea finală de la un post de transformare a consumatorilor industriali și casnici.

În funcționarea transformatoarelor, datorită efectului Joule-Lentz și a inducției electromagnetice (care stă la baza principiului lor de funcționare) au loc pierderi de energie electrică, atât active cât și reactive.

Aceste pierderi se pot determina valoric având ca și unitate de măsură kilowattul [kW].

## Cuvinte cheie

*pierderi de putere, pierderi de energie, putere nominală, transformatoare electrice.*

## 1. Introducere

În stațiile de transformare și distribuție de regulă se instalează mai multe transformatoare. În stațiile de transformare și distribuție din sistemul electroenergetic se folosesc transformatoare cu două înfășurări și transformatoare cu trei înfășurări. Cele mai folosite, sunt cele cu două înfășurări.

Funcționarea lor este posibilă separat sau în paralel. În cazul funcționării separate, fiecare transformator alimentează un sistem de bare colectoare. Prin acestea se reduc solicitările la scurtcircuit, ceea ce ușurează condițiile de dimensionare pentru instalații. (Handra și Popescu, 2011), (Marcu et al., 2014).

În cazul în care nu se cunosc caracteristicile transformatoarelor, se poate considera, cu aproximație foarte bună, că pierderile de putere activă reprezintă aproximativ 2% din puterea la bornele înfășurării secundare iar pierderile de putere reactivă aproximativ 10%.

Valoarea acestor pierderi de putere și de energie poate fi riguros determinată atunci când se cunoaște curba de sarcină a transformatorului sau când se cunoaște puterea medie pătratică și timpul de funcționare sau timpul de pierderi. (Arad, 2010), (Popescu et al., 2019).

Se admite funcționarea în paralel a transformatoarelor de tip diferit dacă puterile lor nu diferă mai mult de 1:3, tensiunile lor de scurtcircuit, cu  $\pm 10\%$ , tensiunile pe prize cu  $\pm 0,5\%$ , grupele de conexiuni trebuie să fie identice.

Regimul de maximă economicitate corespunde unei încărcări a transformatoarelor, proporțională cu puterile lor nominale, ceea ce are loc dacă transformatoarele au aceiași parametrii. Cu creșterea puterii nominale, crește de regulă tensiunea de scurtcircuit, ceea ce conduce la o încărcare suplimentară a transformatorului cu putere nominală mai mică. (Popescu et al., 2017), (Samoila și Utu, 2010).

## 2. Scop

Stația de distribuție primară este utilizată pentru a transfera energia de la liniile de transport la linia de distribuție a unei zone.

Scopul este de a reduce tensiunea la un nivel corect potrivit pentru distribuirea locală din MT (până la 36 kV) pentru JT (până la 0,9 kV) astfel că în cazul nostru transformatoarele de putere identică, sau cu puteri diferite, pot funcționa individual sau în paralel în funcție de sarcina cerută de consumatori.

## 3. Determinarea regimului optim de funcționare prin calcul matematic

În continuare se prezintă determinarea regimului optim de funcționare pentru un post de transformare dotată cu două transformatoare de aceeași putere care pot funcționa în paralel sau individual, în funcție de graficul de sarcină al consumatorilor, având o putere instalată de 1813 kW (factorul de putere mediu realizat de consumator este de 0,8 randamentul mediu ponderat este de 0,9 iar coeficientul de cerere mediu este de 0,75), schema monofilară prezentată în Fig. 1. (Rada et al., 2020)

Transformatoarele alese de noi se aleg pe baza datelor nominale din catalog în funcție de  $S_{NT}$ .

$$S_{NT} \geq \frac{k_c * \sum P_{NI}}{\cos \varphi_{med} * \eta_{med}} \quad (1)$$

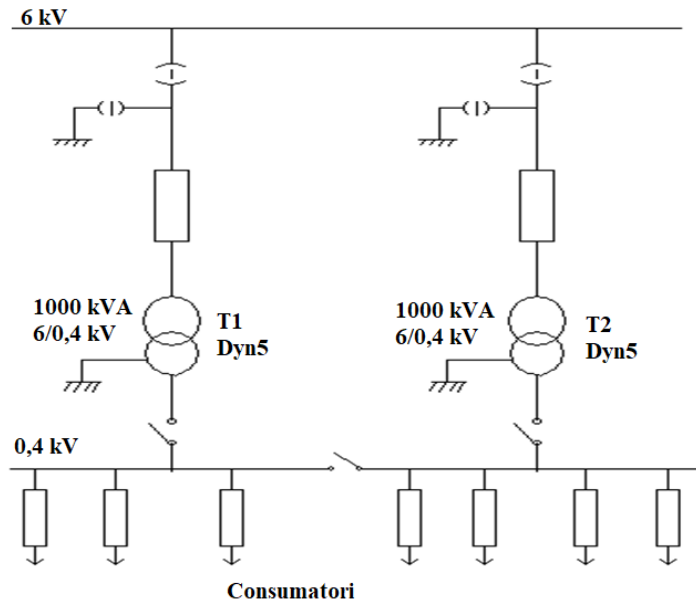
$$S_{NT} \geq \frac{k_c * \sum P_{NI}}{\cos \varphi_{med} * \eta_{med}} = \frac{0,75 * 1813}{0,8 * 0,9} = 1888 \text{ kW}$$

$$T_1 = T_2: \quad S_N = 1000 \text{ kVA}$$

$$U_{1N} = 6 \text{ kV} \quad U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$$

$$\Delta P_{sc} = 12 \text{ kW} \quad \Delta P_{Fe} = 1,85 \text{ kW}$$

$$U_{Sc} = 6\% \quad i_0 = 2\%$$



**Fig. 1.** Schema monofilară a unui circuit cu două transformatoare în paralel

Pentru determinarea regimului optim de funcționare a transformatoarelor de aceeași putere avem două cazuri și anume:

- Regimul pentru un singur transformator când funcționează singur;
- Regimul pentru două transformatoare de aceeași putere când funcționează în paralel.

Pentru regimul de funcționare cu un singur transformator vom folosi următoarele relații:

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + k_e * \Delta Q_{Fe} + (\Delta P_{sc} + k_e * \Delta Q_{Cu}) * \left( \frac{S}{S_N} \right)^2 \quad (2)$$

$$\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0 * S_N}{100} \quad (3)$$

$$\Delta Q_{Cu} = \frac{U_{sc} * S_N}{100} \quad (4)$$

Echivalentul energetic  $k_e=0,02 \text{ kW/kVA}$  pentru situația în care pierderile se calculează la bornele transformatoarelor racordate direct pe bornele de generare. (Handra et al., 2020) (Rada et al., 2020)

Cu aceste formule se calculează pierderile pentru fiecare transformator dând valori puterii aparente  $S$  între 200 – 1000 kVA.

$$\Delta Q_{Fe} = \frac{2 * 1000}{100} = 20;$$

$$\Delta Q_{Cu} = \frac{6 * 1000}{100} = 60;$$

$$m = \Delta P_0 + k_e * \Delta Q_{Fe} = 1,85 + 0,02 * 20 = 2,25 \text{ kW};$$

$$m = 1,85 + 0,02 * 20 = 2,25 \text{ kW};$$

$$n = \frac{\Delta P_{sc} + k_e * \Delta Q_{Cu}}{S_N^2};$$

$$n = \frac{12 + 0,02 * 60}{1000^2} = 0,0000132.$$

Pentru:

$$S = 0 \Rightarrow \Delta P_{T1} = 2,25 \text{ kW};$$

$$S = 200 \Rightarrow \Delta P_{T1} = 2,25 + 0,0000132 * 200^2 = 2,77kW ;$$

$$S = 400 \Rightarrow \Delta P_{T1} = 2,25 + 0,0000132 * 400^2 = 4,36kW ;$$

$$S = 600 \Rightarrow \Delta P_{T1} = 2,25 + 0,0000132 * 600^2 = 7kW ;$$

$$S = 800 \Rightarrow \Delta P_{T1} = 2,25 + 0,0000132 * 800^2 = 10,69kW ;$$

$$S = 1000 \Rightarrow \Delta P_{T1} = 2,25 + 0,0000132 * 1000^2 = 15,45kW .$$

Transformatoarele fiind de aceeași putere rezultă  $T_1 = T_2 \Rightarrow \Delta P_{T1} = \Delta P_{T2}$ .

Pentru regimul de funcționare cu două transformatoare de aceeași putere când funcționează în paralel, trebuie să se calculeze puterile la care se încarcă cele două transformatoare, folosind relațiile:

$$S_1 = \frac{S}{\frac{S_{NT1}}{U_{sc1}} + \frac{S_{NT2}}{U_{sc2}}} * \frac{S_{NT1}}{U_{sc1}} \quad (5)$$

$$S_2 = \frac{S}{\frac{S_{NT1}}{U_{sc1}} + \frac{S_{NT2}}{U_{sc2}}} * \frac{S_{NT2}}{U_{sc2}} \quad (6)$$

Pentru:

$$S = 0 \Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = 2 * m = 4,5kW ;$$

$$S = 200 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{200}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 100kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 100^2) * 2 = 4,76kW ;$$

$$S = 400 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{400}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 200kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 200^2) * 2 = 5,54kW ;$$

$$S = 600 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{600}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 300kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 300^2) * 2 = 6,87kW ;$$

$$S = 800 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{800}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 400kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 400^2) * 2 = 8,72kW ;$$

$$S = 1000 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{1000}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 500kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 500^2) * 2 = 11,1kW ;$$

$$S = 1200 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{1200}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 600kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 600^2) * 2 = 14kW ;$$

$$S = 1400 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{1400}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 700kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 700^2) * 2 = 17,43kW ;$$

$$S = 1600 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{1600}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 800kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 800^2) * 2 = 21,38kW ;$$

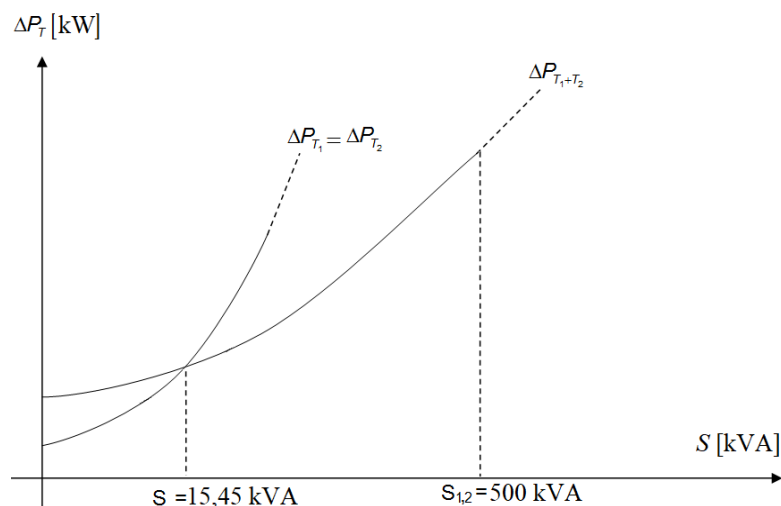
$$S = 1800 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{1800}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 900kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 900^2) * 2 = 25,88kW ;$$

$$S = 1888 \Rightarrow S_{1,2} = \frac{1888}{\frac{1000}{6} + \frac{1000}{6}} * \frac{1000}{6} = 944kW ;$$

$$\Rightarrow \Delta P_{T1+T2} = (2,25 + 0,0000132 * 944^2) * 2 = 28,02kW .$$

După efectuarea calculului de determinare a pierderilor de putere pe fiecare transformator și pe ambele transformatoare când acestea funcționează în paralel se reprezintă grafic Fig. 2. dependențele  $\Delta P_{T1}=f(S)$ ,  $\Delta P_{T2}=f(S)$ ,  $\Delta P_{T1+T2}=f(S)$ .



**Fig. 2.** Graficul pentru determinarea regimului optim

Din grafic se observă că pentru  $S \leq 15,45$  kVA este economic să funcționeze numai un singur transformator  $T_1$  sau  $T_2$ , iar pentru  $S > 15,45$  kVA este recomandat ca cele două transformatoare să funcționeze în paralel.

Măsurile tehnologice pentru reducerea (optimizarea) pierderilor de putere și de energie în sistemele electroenergetice sunt măsurile specifice care se pot aplica în fazele de proiectare și de construcție.

Principalele măsuri de exploatare care conduc la reducerea pierderilor sunt:

- limitarea timpului de mers în gol pentru toți consumatorii de energie electrică;
- mărirea timpului de utilizare a sarcinii maxime sau aplatizarea curbei de sarcină (respectiv realizarea unui coeficient de utilizare cât mai ridicat);
- asigurarea unui regim optim de funcționare a liniilor electrice și a transformatoarelor. (Rada et al., 2020)

Conectarea și deconectarea automată a transformatoarelor se poate realiza prin urmărirea curentului absorbit de consumatori și compararea acestuia cu o valoare impusă (stabilită prin reglajul unui releu de curent sau printr-un circuit comparator specializat). Elementul informațional este un traductor de curent sau un releu de curent. În general, se consideră că reducerea pierderilor de energie prin conectarea și deconectarea automată, în funcție de sarcină, a transformatoarelor este semnificativă deoarece toate transformatoarele au durată mare de utilizare. (Rada et al., 2020)

#### 4. Concluzii

Încărcarea maximă optimă, exprimată în procente din puterea nominală, scade cu creșterea numărului de transformatoare în funcțiune.

În general, încărcarea maximă optimă este superioară valorii de 50% din puterea nominală a transformatorului.

Considerarea pierderilor de putere activă aferentă pierderilor de putere aparentă ale transformatorului, în funcție de caracteristicile tehnice ale transformatoarelor, are efecte diferite.

Regimul economic de lucru rezultă din grafic, fiind corespunzător pierderilor de putere minime. După cum se observă, acestea corespund anumitor încărcări ale transformatoarelor.

#### Bibliografie:

1. Arad, S., (2010), *Utilizarea energiei electrice*, Ed. Focus, Petrosani.
2. Handra, A. D., Popescu, F. G., (2011), *Creșterea eficienței energetice în minierul de suprafață*, Universitas Publishing House, Petrosani.
3. Handra, A. D., Popescu, F.G., Pasculescu, D., (2020), *Utilizarea energiei electrice-lucrari de laborator*, Universitas Publishing House, Petrosani.



4. Marcu, M.D., Pana, L., Popescu, F.G., Slusariuc, R., (2014), *Evaluation the losses power and electrical energy on the basis of the relative load curves, by reference to the basic sizes*. SGEM2014/Conference Proceedings, Vol. Energy and clean technologies, pp. 229 – 236, Albena, Bulgaria.
5. Popescu, F.G., Slusariuc, R., Utu, I., (2017), *Mașini și acționări electrice - lucrări de laborator*, Editura Universitas, Petroșani.
6. Popescu, F.G., Pasculescu, D., Marcu, M., Niculescu, T., Handra, A.D., (2019), *The technical and economic advantages of power factor correction*, Annals of University of Petrosani, Electrical Engineering, Vol. 21, Petroșani, pp.35-42.
7. Rada, A. C., Utu, I., Marcu, M., Popescu, F. G., Stochitoiu, M. D., (2020), *Determination of the optimum operating regime for two power transformers 35 / 6,3 kV*, Annals of the University of Petroșani, Electrical Engineering, Vol. 22, Petroșani, pp. 71-77.
8. Samoila, L., Utu, I., (2010), *Măsurarea mărimilor electrice*, Universitas Publishing House, Petroșani.