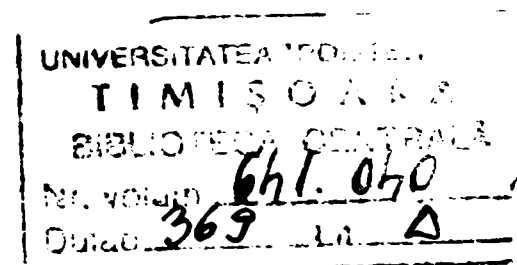


CREȘTEREA CALITĂȚII ENERGIEI ELECTRICE  
DISTRIBUITE DE REȚELELE ELECTRICE  
PRIN RECONFIGURARE

Teză de doctorat



Cducător științific:  
Prof. dr. ing. Adrian Buta

Întocmit:  
ing. Ciprian Bud

2003

# Cuprins

Cap.1 Introducere	pag.1
Bibliografie	pag.7
Cap.2 Probleme generale ale reconfigurării	pag.9
2.1 Prezentarea problemei, scopul reconfigurării, restricții	pag.9
2.2. Metode de reconfigurare a rețelelor de distribuție	pag.13
2.2.1. Metoda rețelelor omogene	pag.13
2.2.2. Metode de graf	pag.13
2.2.3. Metode ce folosesc programarea neliniară aplicată pe un graf de fluenți	pag.14
2.2.4. Metode euristice	pag.15
2.3. Concluzii	pag.31
Bibliografie	pag.31
Cap.3 Reconfigurarea rețelelor de distribuție din considerente de pierderi de putere și energie	pag.36
3.1. Pierderi de putere și energie în rețelele electrice	pag.36
3.2. Calculul pierderilor de energie electrică în rețelele radiale	pag.39
3.2.1. Metoda descompunerii graficelor în serie Fourier	pag.40
3.2.2. Metoda statistico-probabilistică	pag.42
3.3. Metode de reducere a pierderilor de putere și energie	pag.46
3.4. Metodă euristică de reconfigurare din considerente de reducere a pierderilor de putere	pag.48
3.5. Reconfigurarea rețelelor de distribuție din considerente de reducere a pierderilor de energie	pag.56
3.5.1. Curbe de sarcină. Probleme generale.	pag.56
3.5.2. Considerarea curbelor de sarcină ale consumatorilor în probleme de reconfigurare. Aplicație	pag.58
3.6. Folosirea mulțimilor fuzzy pentru reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție	pag.64
3.6.1. Mulțimi fuzzy	pag.64
3.6.2. Operații cu mulțimi fuzzy	pag.70
3.6.3 Considerarea mulțimilor fuzzy în formularea și soluționarea problemelor de reconfigurare.	
Aplicație	pag.76

3.7. Concluzii	pag.81
Bibliografie	pag.81
Cap.4 Reconfigurarea rețelelor de distribuție considerând drept obiectiv calitatea tensiunii	pag.84
4.1. Probleme generale privind calitatea energiei electrice	pag.84
4.2. Caracteristicile statice ale sarcinii. Influența lor asupra regimului de funcționare al rețelelor electrice.	pag. 89
4.3. Modificarea pierderilor de putere în rețelele electrice la variația tensiunii și frecvenței	pag.104
4.4. Modificarea factorului de putere	pag.106
4.5. Considerarea reglajului tensiunii în soluționarea problemei de reconfigurare	pag.109
4.6. Algoritm și program de calcul	pag.112
4.6.1. Modelul matematic	pag.112
4.6.2. Tehnici de programare utilizate	pag.115
4.6.3. Aplicație	pag.119
4.7. Concluzii	pag.131
Bibliografie	pag.134
Cap.5 Concluzii și contribuții	pag.154
 <b>Anexe</b>	
1. Programul de calcul în Visual Basic	pag.1
2. Grafice de sarcina pe paliere orare	pag.65
3. Schemă de distribuție urbană de 10kV simplificată	pag.71
4. Schema de distribuție urbană de 10kV a orașului Baia Mare	pag.72

## Cap. 1 Introducere

Mutațiile produse în ultima perioadă în societatea noastră datorită dispersării sarcinilor concentrate până nu de mult în zone industriale, dispersare care duce la solicitări mai mari ale rețelelor de medie și joasă tensiune afectează și domeniul rețelelor de medie tensiune. La acestea se adaugă și schimbările survenite în domeniul receptoarelor de energie electrică. Acestea cuprind tot mai multe elemente de electronică de putere și de informatică, sensibile pe de o parte la calitatea energiei electrice, dar și generatoare de perturbații, mai ales dacă sunt racordate în noduri cu puteri de scurtcircuit reduse, cum sunt cele de medie și joasă tensiune.

Implementarea pe scară tot mai largă a sistemelor informatice complexe cu calculatoare de proces pentru conducerea funcționării rețelelor electrice de distribuție (R.E.D.) a făcut necesară stabilirea unor metode moderne de calcul, eficiente și rapide în sensul producerii și aplicării deciziilor pentru optimizarea (cvasioptimizarea) funcționării rețelei în condiții normale sau de avarie[1.1]. Fără îndoială că reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție este una dintre componentele acestui proces de optimizare care joacă un rol important în eficientizarea întregului sistem de distribuție a energiei cu implicații majore asupra siguranței în funcționarea elementelor de sistem și a calității energiei livrate consumatorilor[1.2-1.4].

Prin reconfigurare se modifică schema de funcționare a unei rețele ca urmare a necesității de a se asigura un regim optim (sau cvasioptim) din punct de vedere economic sau a depăși consecințele unei avarii. Drept schemă de funcționare se preferă aceea radială arborescentă, deși rețelele sunt construite buclat, dar configurarea radială se realizează prin modificarea într-un anumit mod a schemei.

Avantajele conferite de structura buclată, îndeosebi sub aspectul siguranței în funcționare și a continuității în alimentarea consumatorilor poate fi compensată prin cuplare automată (AAR) sau manuală în caz de avarie .

În ceea ce privește secționarea buclei, aceasta se face cu ajutorul aparatului de comutație, întrerupătoare sau separatoare de comutație, secționarea folosindu-se cu dublu scop și anume: izolarea defectelor și conducerea configurației rețelei. Prin acționarea lor, sarcina poate fi transferată de pe un fider pe altul, realizându-se astfel reconfigurarea rețelei[1.11,1.12].

Până nu demult, punctele de debuculare (secționare) ale rețelei erau determinate de intuiția inginerului. Deși utilă în cazul schemelor simple, metoda nu dă rezultate satisfăcătoare în cazul rețelelor complexe, ce prezintă sute și mii de noduri și laturi, cu zeci de indisponibilități și limitări,

unde se impune folosirea unei tehnici de calcul performante dar și a unor criterii riguroase care să asigure funcționarea corectă și economică a întregului sistem de distribuție : rețea -consumator.

Referitor la scopul reconfigurării, inițial acesta a fost acela de a reduce pierderile de putere și energie în rețele, apoi de asigurarea unui nivel optim (cvasioptim) de tensiuni în nodurile rețelei, echilibrarea sarcinii între fidere și transformatoare în regim normal de funcționare, de a reduce la maxim consecințele în regim de avarie, iar în ultima vreme de stabilire a soluției optime(sau cvasioptime) din punct de vedere tehnico-economic în faza de dezvoltare.

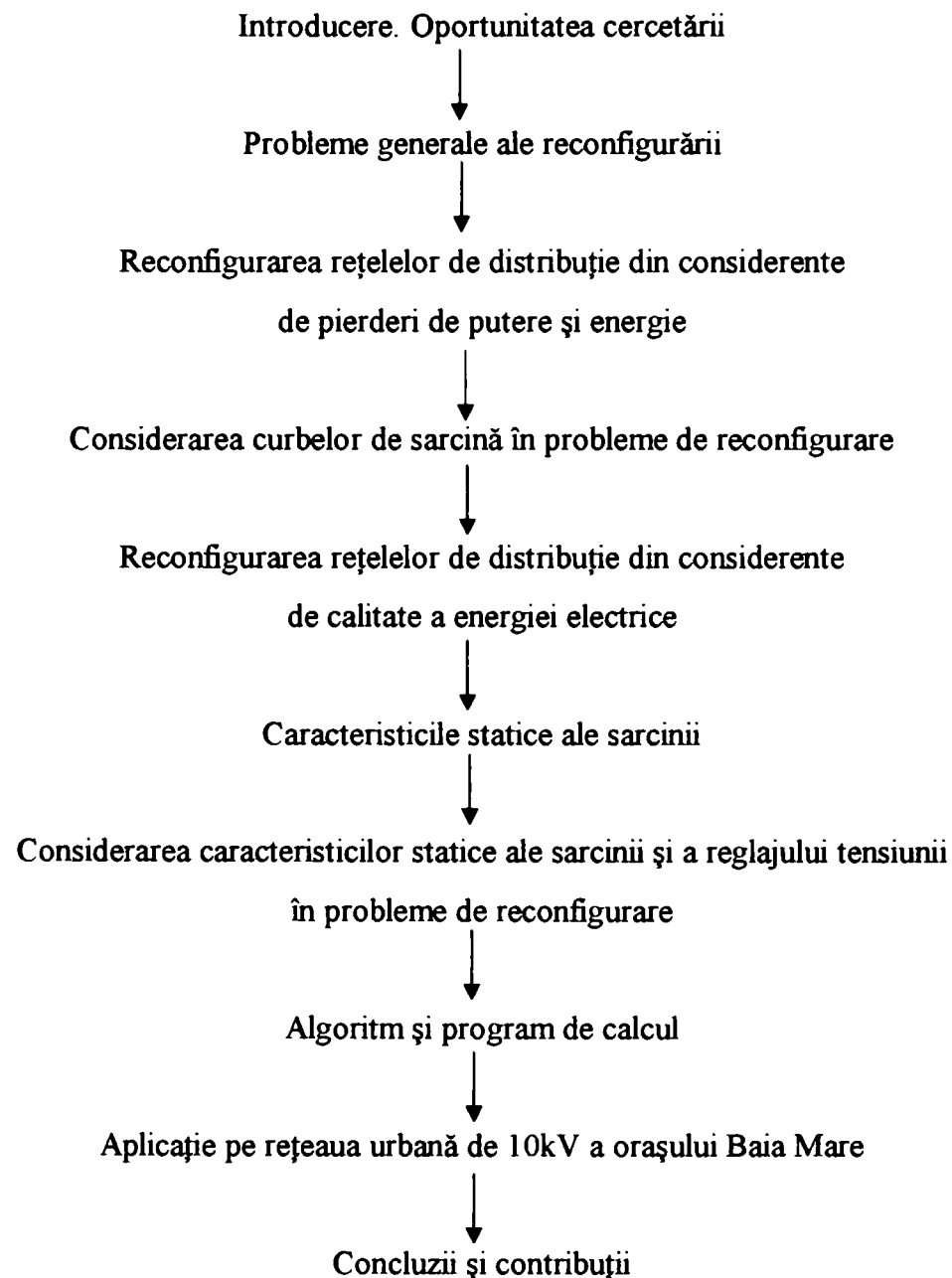
Indiferent de scopul reconfigurării, aceasta se realizează în condițiile existenței unor restricții tehnice, cum ar fi cele legate de nedepășirea sarcinilor maxime admisibile ale liniilor și transformatoarelor, a căderilor admisibile de tensiune, de păstrarea siguranței în alimentare a consumatorilor, nemodificarea reglajelor existente ale protecției prin rele, limitarea numărului de acționări a aparatului de comutație [1.5-1.8].

Pentru o mai bună reprezentare a datelor de intrare (puteri consumate, caracteristici de rețea) în problemele de reconfigurare în ultima vreme se folosește logica fuzzy [1.9,1.10], aceasta dând o nouă dimensiune procesului de reconfigurare, mai ales în planificarea rețelelor de distribuție.

La cele prezentate trebuie adăugat faptul că în ultimii ani, apariția și dezvoltarea economiei de piață de fapt a pieței libere de energie impune clauze contractuale mai ferme, deci obligații suplimentare pentru furnizorul de energie [1.9,1.16,1.17], traduse în primul rând prin asigurarea calității energiei, atât sub aspectul serviciului de alimentare, cât și a calității produsului numit energie electrică [1.13-1.15]. Scopul furnizorului de energie electrică este acela de a asigura în permanență la consumatori o tensiune alternativă sinusoidală de frecvență și de valoare efectivă cuprinsă între anumite limite, fixate contractual egale pe cele trei faze. În această direcție un rol important revine și configurării corecte a rețelelor de distribuție, operație care trebuie abordată prin prisma calității energiei electrice și mai ales aceea a calității tensiunii. Tensiunea, valoarea ei este ceea ce “doare” consumatorul prin implicațiile tehnice și economice pe care le poate avea asupra instalațiilor și proceselor pe care le asigură alimentarea cu energie electrică. Pe această direcție se înscrie și teza de față, care și-a propus ca scop realizarea unui produs soft (set de programe) care să permită printr-o modelare cât mai completă a rețelei și consumatorilor ei, stabilirea schemei de funcționare din considerente de calitate a energiei livrate consumatorilor, în particular a calității tensiunii de alimentare. Fiind vorba de tensiune și reglajul tensiunii implicit, ca mijloc de control al acesteia, s-a constatat oportun ca în lucrare să fie tratată și problema caracteristicilor statice de tensiune a consumatorilor, extinzându-se în situația avariilor de sistem (sau subsisteme izolate) la caracteristici statice de tensiune și frecvență.

Pe de altă parte tehnicile clasice de reconfigurare “pornesc” foarte ușor considerând minimizarea pierderilor ca și criteriu. Din acest motiv s-a considerat util a menține acest criteriu ca element de pornire, urmând apoi ca schema să fie “ajustată” din considerente de calitate a tensiunii. Dar nivelul pierderilor sau al tensiunii în noduri nu este constant pe durata unui interval ci variază corespunzător curbelor de sarcină ale consumatorilor. Analiza lor și modul de considerare în procesul de reconfigurare trebuie neaparat tratat.

Ca urmare a celor mai sus prezentate s-a considerat util a parcurge în lucrare următoarele etape.



Corespunzător etapelor abordate și mai sus prezentate lucrarea a fost organizată pe cinci capitole, primul având caracter introductiv, iar în ultimul fiind prezentate concluziile și bibliografia. La acestea se adaugă un set de patru anexe.

Bibliografia consultată și consemnata la finele fiecăruia din primele patru capitole cuprinde 102 referințe.

Lucrarea este structurată astfel :

-În capitolul 1 este prezentată oportunitatea cercetării. Sunt evidențiate mutațiile care au survenit în ultima perioadă în societate și implicațiile produse de acestea asupra receptoarelor și rețelei de furnizare a energiei electrice. Tot în cadrul acestui capitol este justificată natura problemelor abordate în lucrare, conexiunea acestora cu obiectul cercetării.

-În capitolul 2 se prezintă problemele generale ale reconfigurării rețelelor de distribuție. Se evidențiază scopul reconfigurării dependent de faptul că se urmărește conducerea funcționării rețelei electrice de distribuție sau dezvoltarea acesteia. În primul caz acesta constă în reducerea pierderilor de putere și energie pe elementele de rețea, echilibrarea sarcinilor liniilor și transformatoarelor sau efectuarea întreruperilor programate în regim normal și separarea elementelor avariate și realimentarea consumatorilor rămași fără tensiune în cazul regimului de avarie.

În condițiile dezvoltării rețelei electrice de distribuție, prin reconfigurare se dorește realizarea unei optimizări (cvasioptimizări) tehnico-economice prin extinderea rețelei. Aceste scopuri se găsesc distinct sau combinat în funcția obiectiv care urmează să fie extremizată.

Reconfigurarea ca problemă de optimizare (cvasioptimizare) se soluționează în condițiile existenței unor restricții tehnice legate de : nedepășirea sarcinilor maxime admisibile ale liniilor și transformatoarelor, nedepășirea căderilor admisibile de tensiune, nemodificarea reglajelor existente ale protecției prin rele, asigurarea cerințelor impuse de calitatea energiei electrice livrate consumatorilor, limitarea numărului de acționări ale întrerupătoarelor sau de comutări ale ploturilor transformatoarelor sau și bateriilor de condensatoare fracționate, limitarea supratensiunilor ce pot apare la comutația bateriilor de condensatoare. Tot în cadrul acestui capitol sunt prezentate câteva metode de reconfigurare des întâlnite în literatura de specialitate și anume: metoda rețelelor omogene, metode de graf, metode ce folosesc programarea neliniară aplicată pe un graf de fluenți, metode euristice. O atenție sporită se acordă unor metode de configurare (a lui G.J. Peponis sau euristică) care combină operația de reconfigurare cu aceea de instalare a unor baterii de condensatoare folosite pentru compensarea puterii reactive precum și a sistemelor expert folosite la eliminarea avariilor. În cadrul acestora un element deosebit menționat

în lucrare sunt tehnicile bazate pe algoritmi genetici, care stabilesc soluția optimă (sau cvasioptimă) pe baza unor mecanisme specifice geneticii și selecției naturale.

-În capitolul trei se prezintă problema reconfigurării rețelelor de distribuție din considerente de pierderi de putere și energie. La început se prezintă câteva aspecte generale privind definirea pierderilor, locul și rolul lor în stabilirea valorii randamentului funcționării rețelelor și sistemului electroenergetic, apoi se indică sintetic metodele de estimare a pierderilor: prin măsurare, calcul și hibride, insistându-se pe metoda descompunerii graficelor de sarcină în serie Fourier, statistico –probabilistică și cele de corelație. Alături de acestea sunt prezentate și căile de reducere a pierderilor de putere și energie încercându-se prin aceasta stabilirea locului reconfigurării ca metodă de reducere a pierderilor de putere și energie în rețelele electrice. Este prezentată și o metodă euristică de reconfigurare din considerente de reducere a pierderilor de putere activă prin schimbare de latură, metodă de referință în literatura de specialitate. Corespunzător în lucrare se elaborează și programul de calcul în limbaj Turbo Pascal.

Legat de pierderile de energie în rețelele de distribuție în lucrare se tratează câteva probleme generale ale curbelor de sarcină pentru ca apoi, pentru algoritmul corespunzător metodei prin schimbare de latură să se implementeze procedura de considerare a curbelor de sarcină, să se întocmească un program de calcul în limbaj Turbo Pascal și apoi să se aplice pentru o rețea de distribuție urbană de 10kV cu 52 de noduri, aparținând SDFEE Baia Mare. Se efectuează comparații între situația rezultată în cazul când se consideră sau nu curbele de sarcină, adică pierderile de putere sau cele de energie, se comentează și se trag concluzii.

În ultima parte a capitolului este abordată problema folosirii mulțimilor fuzzy în aplicarea procedurii de reconfigurare a rețelelor electrice de distribuție. După ce se prezintă câteva probleme generale privind tehnicile fuzzy, aplicarea lor în soluționarea aspectelor legate de reconfigurare, se trece la construcția unei funcții obiectiv fuzzy, precum și la introducerea bazei de date sub formă fuzzy. Se reia aplicația considerată iar pentru rezultatele obținute se trag concluzii.

-În capitolul patru, capitolul de bază al lucrării se tratează problema reconfigurării rețelelor de distribuție considerând drept obiectiv calitatea tensiunii. Mai întâi sunt prezentate câteva probleme generale privind calitatea energiei, modul în care aceasta este percepută și două din aspectele ei principale: calitatea serviciului de alimentare și calitatea produsului energie electrică. În cadrul acestora, rolul important îl deține calitatea tensiunii, motiv pentru care doar aceasta este prezentată în lucrare. Legat de calitatea tensiunii și implicit reglarea tensiunii în rețelele electrice de distribuție, în lucrare sunt prezentate și caracteristicile statice ale sarcinii pentru câțiva consumatori particulari, des întâlniți în cadrul rețelelor de distribuție urbane, precum și pentru consumatorul complex. Sunt prezentate modele polinomiale și exponențiale pentru aceste



caracteristici și se evidențiază componentele statice și de tip motor pentru aceste caracteristici. Un alt element evidențiat în cadrul acestui capitol este modificarea circulației de putere reactivă în rețelele electrice în condiții de funcționare cu tensiune și frecvență variabile, precum și modificarea pierderilor de putere și a factorului de putere. Toate aceste aspecte vor fi considerate în problemele de reglaj a tensiunii și implicit în soluționarea problemei de reconfigurare. Corespunzător se prezintă algoritmul de calcul și programul aferent. Este interesant de relevat că funcția obiectiv a problemei de cvasioptimizare a rețelei prin reconfigurare este una fuzzy care ține cont de poziția pe care o ocupă tensiunea nodurilor rețelei în banda de tensiune admisibilă și respectiv favorabilă.

Studiul de caz este efectuat pe rețeaua considerată și anterior, adică aceea de 10kV a SDFEE Baia Mare. Rețeaua are inițial 90 de noduri și este adusă la 52 de noduri. Se efectuează rulări, se consemnează rezultate și se trag concluzii.

-În capitolul cinci se trag concluzii și se consemnează contribuțiile aduse de autor în lucrare.

Lucrarea de față este rezultatul unei activități laborioase desfășurate de autor în cadrul Facultății de Electrotehnică a Universității "Politehnica" Timișoara, Catedra de Electroenergetică și ulterior în cadrul C.N. Transelectrica Baia Mare, în colaborare cu Electrica S.A. Baia Mare, care s-a desfășurat în mai multe etape, dependent de evoluția complexității modelelor matematice adoptate și de implementarea corespunzătoare în produsul soft realizat.

Astfel:

- În prima etapă, în cadrul lucrării de diplomă s-a abordat problema reconfigurării cu ajutorul unei metode euristice de schimbare a laturii elaborând un algoritm și pe baza acestuia realizând un program de calcul în limbaj Turbo Pascal. Cu ajutorul programului de calcul am efectuat reconfigurarea rețelelor de distribuție luând în considerare puterile active și reactive maxime ale consumatorilor.
- În etapa a doua, doctorand fiind, s-a trecut la aplicarea teoriei fuzzy pentru o mai bună modelare a datelor de intrare (tensiune, putere activă și reactivă și parametrii echivalenți longitudinali ai liniilor) și în același timp s-a luat în considerare curbele de sarcină zilnice ale consumatorilor. Nu se poate realiza o reconfigurare cât mai apropiată de realitate dacă nu se face o modelare cât mai fidelă a consumului de putere activă și reactivă.
- În a treia etapă (de maturitate a cercetării) s-a luat în considerare cea mai importantă situație, reconfigurarea din punct de vedere al calității tensiunii. În acest sens s-a recurs la reglarea tensiunii cu ajutorul comutatorului de ploturi din stațiile de distribuție a energiei electrice astfel încât tensiunea să fie cât mai apropiată față de o valoare de referință

(impusă). Pentru găsirea variantei cvasioptime a configurației schemei din punct de vedere al calității tensiunii s-a apelat la aplicarea teoriei fuzzy pentru a încadra tensiunile nodurilor într-o funcție obiectiv exprimată fuzzy. Tot în această etapă pentru o analiză mai riguroasă a problemei reconfigurării s-au introdus caracteristicile de sarcină  $P, Q=f(U)$  alături de considerarea curbelor de sarcină. Algoritmul și programul de calcul în limbaj Visual Basic elaborat în această etapă a permis tragerea unor concluzii care vor putea fi folosite de specialiștii din SDFEE-uri.

Aceste probleme au fost prezentate în diverse lucrări care au fost publicate în revistele de specialitate și comunicate la conferințe și simpozioane de rețele electrice.

În încheierea acestei introduceri țin să mulțumesc conducătorului științific domnului prof. dr. ing. Adrian Buta pentru îndrumarea competentă și plină de înțelegere în perioada de elaborare și finalizare a lucrării.

Mulțumiri speciale se cuvin domnului prof. dr. ing. Mihai Moga și conf. dr. ing. Adrian Pană. Discuțiile purtate cu dânsii, sfaturile și mai ales încurajările mi-au fost de real folos pe tot parcursul elaborării tezei.

Aduc mulțumiri întregului colectiv al Catedrei de Electroenergetică care cu ocazia susținerii referatelor și a tezei în cadrul catedrei au venit cu sugestii și propuneri pentru a asigura forma actuală a tezei.

De asemenea mulțumesc colegilor de la C.N. Transelectrica și Electrica S.A. Baia Mare, în special, mat. Simona Boczor, pentru sprijinul acordat la elaborarea acestei teze.

Nu în ultimul rând autorul mulțumește familiei, în mod deosebit soției pentru sprijinul moral și profesional acordat pe toată perioada elaborării lucrării.

### **Bibliografie**

- [1.1] Adrian Buta : Transportul și distribuția energiei electrice- U.T.T. 1991
- [1.2] Patton J.B., Rizey D.T., Lawer J.S.-Application Software for Modeling Distribution Automation Operations on the Athens Utilities Board, IEEE Transactions on Power Delivery, No 2, April 1990, pp. 1019-1025
- [1.3] T. Taylor, D. Lubkeman- Implementation of Heuristic Search Strategies for Distribution Feeder Reconfiguration, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 5, No 1, January 1990, pp. 239-246

- [1.4] H.D. Chiang and R.J. Jumeau- Optimal Network Reconfiguration in Distribution Systems: Part 1: A New Formulation and A Solution Methodology, IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 4,(1990)
- [1.5] T. S. Abdel Salam s.a.- A new technique for loss reduction using compensating capacitors applied to distribution systems with varying load condition- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 9, No 2, April '94, pp819-827
- [1.6] Adrian Pană: Referat de doctorat -Reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție- U.T.T. 1995
- [1.7] Ji Yuan Fan s.a.- Distribution network minimum loss reconfiguration- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 11, No 3, July 1996, pp 1643-1647
- [1.8] V. Borozan, N. Rajakovic- Application assessments of distribution network minimum loss reconfiguration- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, No 4, October 97, pp 1786-1792
- [1.9] M. Eremia, D. Petricică, A. I. Bulac, C. Bulac, I. Triștiu - Tehnici de inteligență artificială. Concepte și aplicații în sistemele electroenergetice,Ed. Agir, București, 2001
- [1.10] A. Hamid, ș.a. –Design of Augment Fuzzy Logic power Szstem. Stabiliyers to Enhange Power System Stability. IEEE Transaction of Energz Convection, vol. 11, No. 1, March 1996
- [1.11] V. Borozan, N. Rajakovic- Application assessments of distribution network minimum loss reconfiguration- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, No 4, October 97, pp 1786-1792
- [1.12] M. E. Barau , F.F. Wu- Network Reconfiguration for Loss Reduction and Load Balancing, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, No 2, April 1989, pp 1401-1407
- [1.13] Țugulea A. –Factorul de putere în regim deformant, Energetica, vol. 34, 1986, nr.9 pp407-413
- [1.14] Bala C. s.a. –Bobine de reactanță pentru sisteme energetice, Editura tehnică București, 1980
- [1.15] Alexa D., Hrubaru O. –Aplicații ale convertoarelor statice de putere, Editura tehnică București 1989
- [1.16] Conecini I. –Îmbunătățirea calității energiei electrice, Editura AGIR București 1999
- [1.17] Buta. A., Pană A., Milea L. –Calitatea energiei electrice, Editura Agir, București, 2001

## CAP.2 PROBLEME GENERALE ALE RECONFIGURĂRII

### 2.1 Prezentarea problemei, scopul reconfigurării, restricții

Reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție este una din analizele necesare pentru monitorizarea și operarea în sistemele de distribuție în timp real.

#### *Scopul reconfigurării*

Funcționarea rețelelor de distribuție se face după o configurație radială. Există situații în practică când aceasta trebuie modificată adică trebuie reconfigurată.

Reconfigurarea e o problemă ce caracterizează două zone de activitate conexe funcționării rețelelor de distribuție și anume: conducerea funcționării rețelei electrice de distribuție R.E.D. și dezvoltarea R.E.D.

#### a) Conducerea funcționării rețelei

Conducerea funcționării rețelei e un element al ansamblului de activități care formează exploatarea rețelei și e specifică serviciilor de dispecer.

Decizia de reconfigurare poate fi necesară în următoarele situații:

1.regim normal de funcționare

2.regim de avarie

1.În regim normal de funcționare schema trebuie reconfigurată în următoarele scopuri:

a) Reducerea pierderilor de putere și energie pe elementele de rețea [2.6,2.9,2.10,2.12,2.27,2.33,2.34,2.36-2.38,2.39,2.43,2.45]

Curbele de sarcină zilnice, săptămânale, lunare, ale consumatorilor alimentați prin R.E.D. sunt diverse, circulația de puteri modificându-se continuu. Fiecărui moment i-ar corespunde o anumită configurație a R.E.D. pentru care ar exista pierderi minime. Ideal ar fi să se facă o reconfigurare continuă, dar acest lucru e costisitor și greu de realizat. Totuși este de dorit ca modificarea configurației să se facă de cel puțin două ori pe an pentru vârful de sarcină de iarnă (schema normală de iarnă) și golul de sarcină de vară (schema normală de vară). În unele țări reconfigurarea se face în fiecare anotimp decizia luându-se pe baza unei analize minuțioase asupra variației sarcinii consumatorilor.

b) Echilibrarea liniilor și transformatoarelor [2.11,2.12]

În R.E.D. cu consumatori importanți este de dorit ca în cazul unor avarii consecințele asupra consumatorilor să fie minime. Consecințe minime însemnând un timp minim al întreruperii alimentării, de fapt un număr minim de manevre pentru izolarea elementelor avariate și alimentarea consumatorilor afectați. Dacă schema de funcționare normală

a R.E.D. este configurată astfel încât să se realizeze echilibrarea sarcinii între stația de transformare (S.T.) ce o alimentează și fiderii ce alimentează aceeași zonă, atunci în caz de avarie, reconfigurarea prin transferul sarcinii între două fidere sau două S.T. cu scopul alimentării consumatorilor rămași fără tensiune nu produce suprasarcini pe fideri sau transformator și deci timpul de manevră e minim.

**c)Înteruperi programate**

Se fac cu scopul executării lucrărilor planificate de revizii și reparatii sau înlocuire a unor echipamente. În astfel de cazuri porțiunea care include zona de lucru se restrânge cât mai mult pentru a afecta cât mai puțini consumatori și se izolează de restul rețelei. După terminarea lucrărilor se revine la forma inițială. De fiecare dată se realizează o reconfigurare care în funcție de durata lucrărilor și natura consumului se face pentru minimizarea consecințelor asupra consumatorilor.

**2.În regim de avarie [2.10,2.13]**

Operațiile de reconfigurare includ separarea elementelor avariate și realimentarea dinspre zonele neafectate a consumatorilor rămași fără tensiune și vor trebui să îndeplinească în afară de unele restricții tehnice și reducerea la maxim a consecințelor pentru consumator.

**b) Dezvoltarea R.E.D.[2.1,2.11,2.8,2.15,2.16,2.19,2.24,2.35,2.46,2.47,2.49]**

Pe măsura creșterii cererii de energie electrică într-o zonă structura R.E.D. trebuie dezvoltată. Dezvoltarea R.E.D. poate conduce prin urmare la modificarea configurației sale dacă prin aceasta se obține o optimizare tehnico-economică, ce ține seama de costul efectuării unei extinderi și costurile de exploatare pe care le produce, iar pe de altă parte îmbunătățirea pe care o produce în ce privește calitatea energiei furnizată consumatorilor.

*Restricții*

Problema de optimizare se va rezolva în condițiile existenței următoarelor restricții tehnice [2.42]:

**1.nedepășirea sarcinilor maxime admisibile (a capacității de transfer sau a curenților admisibili de durată) ale liniilor și transformatoarelor.**

**2.nedepășirea căderilor admisibile de tensiune.**

În afară de cele două restricții majore menționate mai sus mai pot apărea și altele care pot fi la fel de importante, cum ar fi păstrarea siguranței în alimentare a consumatorilor [2.3,2.12] la un nivel impus.

O abordare complexă trebuie să țină cont și de condițiile tehnice de funcționare ale R.E.D. care pot deveni restricții:

-nemodificarea reglajelor existente ale protecțiilor prin relee sau realizarea reconfigurării în paralel cu coordonarea protecțiilor;

-îndeplinirea cerințelor care determină calitatea energiei electrice furnizate consumatorilor:

-sinusoidalitatea undelor de tensiune și curent,

-simetria sistemului trifazat de tensiune și curent,

-nivelul de tensiune,

-variațiile bruște de tensiune;

-minimizarea numărului de acționări ale întreruptoarelor sau a numărului de manevre care în afară de minimizarea timpului de reconfigurare limitează daunele pe care acestea le pot cauza:

-uzura fizică a întreruptoarelor,

-funcționări greșite ale schemei de protecție ,

-propagarea armonicilor în rețea,

-atenuarea semnalelor de comunicații;

-limitarea supratensiunilor care pot apărea la comutația capacităților;

-coordonarea cu măsurile întreprinse pentru reglarea tensiunii (compensare capacitivă).

#### *Calculul circulației de puteri*

La fiecare dintre metodele de reconfigurare trebuie efectuat calculul circulației de puteri și/sau verificarea celor două teoreme ale lui Kirchoff [2.4, 2.5, 2.6, 2.9, 2.11, 2.12, 2.14, 2.15, 2.20, 2.23, 2.26, 2.29, 2.30, 2.31, 2.36, 2.50] lucru necesar pentru aprecierea F.O.B. (funcția obiectiv) cât și a verificării restricțiilor.

Reprezentarea matematică a elementelor de rețea se face după cum urmează:

a. Liniile electrice (aerene și subterane) -se modelează prin impedanța lor echivalentă longitudinală considerată constantă, se neglijează conductanțele și susceptanțele capacitive. Pentru verificarea nedepășirii capacității de transfer de putere trebuie cunoscute și valorile curenților admisibili de durată pentru fiecare tronson.

b. De multe ori separatoarele și întreruptoarele de secționare se modelează ca tronsoanele de rețea cu  $R=0$  și  $X=0$  . De asemenea trebuie cunoscuți curenții admisibili de durată pe fiecare dintre acestea.

c. Transformatoarele se reprezintă avându-se în vedere că reconfigurarea se face pentru o rețea situată la un singur nivel de tensiune astfel încât transformatoarele care apar sunt cele ale sursei. Pentru transformatoarele sursei din stația de transformare dacă rețeaua e de medie tensiune sau

post de transformare dacă rețeaua e de joasă tensiune ne interesează doar capacitatea lui de suprasarcină pe lungă durată. În rețelele de medie tensiune în care consumatorii sunt reduși la punctele de racord la rețea, transformatoarele din posturi sunt incluse în reprezentarea acestora.

#### d. Consumatorii

Eficiența reconfigurării depinde de reprezentarea consumatorilor de energie electrică. Reprezentarea consumatorilor se poate face în următoarele variante [2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.9, 2.11, 2.42, 2.51]: putere constantă sau putere dependentă de tensiune.

Modelările clasice presupun: putere constantă, curent constant și impedanță constantă.

O reprezentare mai corectă a variației sarcinii cu tensiunea este cea care ține seama de caracteristicile statice de sarcină  $P, Q = f(U)$  și din acest punct de vedere este de dorit să se cunoască efectele de reglaj pentru putere activă și reactivă.

-variația în timp a sarcinii

O reconfigurare corectă pentru reducerea pierderilor sau echilibrarea sarcinii între fidere și transformatoare trebuie să țină seama și de variația în timp a sarcinii deoarece curbele de sarcină zilnice diferă de la o zi la alta de la un consumator la altul, astfel configurația optimă ar fi alta în fiecare moment.

Informațiile privind această variație se pot culege din:

- statistici de sarcină bazate pe clasa consumatorilor
- estimări de sarcini sau caracteristici statice de sarcină
- curbe de sarcină zilnice pe trei tipuri de zile caracteristice dintr-o săptămână și pe trei tipuri de sezoane, ridicate de diverși consumatori
- măsurători pentru determinarea caracteristicilor statice sau a curbelor de sarcină pe fidere sau circuite

Prelucrarea informației se face astfel încât în fiecare moment din fiecare zi să se poată estima sarcina fiecărui consumator [2.40,2.41] în funcție de:

- tipul de consumator
- faza (R,S,T)
- circuitul pe care se află racordul

Se constată că cea mai mare parte a efortului pentru o reconfigurare corectă este depusă pentru culegerea și prelucrarea informației despre consumatori.

Aceste baze de date despre consumatori fac parte din ce în ce mai frecvent din sisteme concepute pentru conducerea funcționării rețelelor electrice de distribuție.

## 2.2. Metode de reconfigurare a rețelelor de distribuție

În cele ce urmează se prezintă câteva metode de calcul și algoritmi pentru rezolvarea problemei reconfigurării optime.

### 2.2.1. Metoda rețelelor omogene

Minimul de pierderi de putere activă într-o rețea are loc când circulațiile puterilor activă și reactivă se realizează numai după rezistențele tronsoanelor liniilor.

Repartiția naturală a puterilor într-o rețea buclată coincide cu cea optimă în cazul când pentru tronsoane  $r_0/x_0 = \text{ct.}$  (rețeaua este omogenă)[2.6].

Debuclările efectuate în rețele pentru a duce la un minim de pierderi trebuie să ducă la circulații cât mai apropiate de cele corespunzătoare unei rețele omogene.

Metodele de calcul pentru determinarea punctelor de debuclare optimă a unei rețele prevede calculul pentru rețeaua reprezentată numai prin rezistențele ei în configurație buclată pe toate căile, determinând astfel circulațiile optime pentru realizarea unui minim de pierderi și a injecțiilor de putere optimă prin transformatoare.

Deconectarea ramurilor cu circulație minimă conduce la circulații de putere apropiate de cele optime realizând scopul urmărit.

O metodă simplificată rezultată din cea prezentată mai sus e metoda șablonului optimal al circulației de curenți.

În această metodă se consideră pe rând toate bucele care se pot forma în rețea, se face un calcul al circulației de curenți pentru fiecare buclă reprezentată prin rezistențele sale și se va considera optimă debuclarea prin deschiderea tronsonului pe care curentul este minim.

După realizarea configurației arborescente a rețelei electrice de distribuție se face un calcul exact al circulației de puteri care permite verificarea restricțiilor legate de sarcinile maxime admisibile și de căderile admisibile de tensiune.

Din cauza neomogenităților mari ale rețelei electrice de distribuție reale mai ales dacă se lucrează cu mai multe nivele de tensiune, calculele nu conduc la un optim global datorită aproximărilor considerate.

### 2.2.2. Metode de graf

Structura unei R.E.D. a sugerat asocierea unui graf ale cărui vârfuri sunt puncte de ramificație și în care arcele corespund liniilor electrice.



Dacă fiecărui arc îi corespunde o valoare, de exemplu lungimea liniei electrice și urmăm realizarea unei structuri radiale a rețelei, atunci problema se definește ca fiind una de determinare a arborelui de valoare minimă.

*Algoritmi pentru determinarea unui arbore de valoare minimă*

O problemă pentru determinarea arborelui de valoare minimă este aceea a găsirii configurației optime a unei rețele electrice de distribuție constituită dintr-o stație de transformare și mai multe posturi de transformare alimentate de aceasta. Configurația optimă însemnând cost total minim, prin păstrarea configurației arborescente a R.E.D., trebuind determinat deci un arbore de valoare minimă al cărui vârf inițial se află în stația de transformare.

Rezolvarea acestei probleme se face de obicei cu algoritmele Kruskal sau Sallin.

*Algoritmi pentru determinarea unui drum hamiltonian de valoare minimă*

Punerea problemei se face astfel: se consideră că posturile de transformare reprezintă vârfurile unui graf și liniile electrice de medie tensiune de legătură dintre ele, arcele grafului. Se cere să se stabilească ordinea de interconectare a posturilor de transformare astfel încât lungimea totală a liniilor electrice să fie minimă. Vârful inițial al grafului fiind impus în stația de transformare rezultând astfel o rețea radială de lungime minimă.

Metodele de rezolvare ale acestei probleme sunt: algoritmul Foulkes, înmulțirea latină și algoritmul Little [2.7].

### **2.2.3. Metode ce folosesc programarea neliniară aplicată pe un graf de fluenți**

Reprezentarea R.E.D. se face sub formă de graf orientat.

Problema se rezolvă cu ajutorul de programării pătratice de tip “mixed integer” în care funcția costurilor e funcția obiectiv și relațiile de restricție sunt de tip inegalitate, liniare.

Problema se rezolvă prin metode indirecte care constau în transformarea problemei de programare neliniară cu restricții într-una fără restricții. Această transformare se obține prin definirea unei funcții auxiliare care înglobează F.O.B. și R.R. .

În general înglobarea relațiilor de restricție de egalitate se face prin metoda multiplicatorului Lagrange, iar a celor de inegalitate prin metoda funcțiilor de penalizare.

Procesul de soluționare a unei probleme practice se termină după un număr redus de iterații dar soluția obținută este un optim local.

#### 2.2.4. Metode euristice

Euristica e disciplina ce reunește procedeele menite să ducă la descoperire și invenție. Deși euristica nu garantează soluționarea algoritmică a unei probleme, ea conține reguli practice sau cunoștințe empirice câștigate pe bază de experiență care pot ajuta la găsirea unei soluții.

Deși euristica nu garantează soluționarea algoritmică a unei probleme, ea conține reguli practice sau cunoștințe empirice, câștigate pe bază de experiență, care pot ajuta la găsirea unei soluții.

##### *Algoritm pentru echilibrarea sarcinii*

După un defect, restabilirea cât mai rapidă a zonei se poate realiza prin echilibrarea tuturor transformatoarelor care alimentează rețelele de distribuție și a tuturor fiderelor legate la același transformator.

În acest mod transferul sarcinii de pe un fider pe altul sau de pe un transformator pe altul cu scopul alimentării consumatorilor rămași fără tensiune are șansa de a se face fără a produce suprasarcini pe fideri și transformatoare cu un număr minim de operații de comutare.

Problema echilibrării sarcinii aparține de asemenea domeniului problemelor de optimizare combinatorială deoarece trebuie să se stabilească toate întreruptoarele din R.E.D care se vor deschide pentru realizarea configurației arborescente optime.

Se va aplica un algoritm care echilibrează sarcinile între două transformatoare folosind metoda de aproximare a transferului de sarcină, fără a încălca restricțiile impuse de capacitatea de transfer a transformatoarelor și fiderelor, determinând în același timp sarcinile pe toate tronsoanele de linie.

Problema se poate explica în modul următor cu ajutorul teoriei grafurilor. Se consideră o R.E.D. alimentată de trei stații de transformare distincte, se poate spune că fiecare zonă alimentată de o stație de transformare este un arbore cu "rădăcina" în stația de transformare respectivă.

Se fac următoarele presupuneri:

1. Toate sarcinile sunt cunoscute.
2. În starea inițială nu sunt încălcate restricțiile legate de capacitățile de transfer ale transformatoarelor și fiderelor.
3. Toate transformatoarele au aceeași capacitate de transfer.

Trebuie să se determine întreruptoarele care se deschid pentru a realiza echilibrarea sarcinilor stației de transformare și fiderilor, fără a încălca restricțiile date de capacitățile

de transfer ale acestora și păstrând în același timp configurația radială a rețelei de distribuție.

Soluționarea problemei enunțate mai sus se face cu ajutorul unei metode de aproximare după cum urmează:

1. Pentru a se păstra caracterul radial al rețelei, la fiecare mutare a poziției deschis a unui întreruptor de zonă sau de buclă se efectuează verificarea unui set de reguli care definesc acest caracter.

2. Pentru operațiile de comutație se folosesc următoarele reguli:

a. Se execută echilibrarea sarcinii pentru două din transformatoare și anume pentru cele care au indicii de sarcină maximă respectiv minimă. După echilibrarea sarcinii între ele se aleg din nou alte două transformatoare care sunt încărcate cel mai mult respectiv cel mai puțin și se execută echilibrarea.

Procedura se aplică pentru echilibrarea sarcinii între fidelele alimentate de același transformator și este repetată până când transformatoarele sunt încărcate cât mai egal cu putință.

b. La echilibrarea sarcinii între două transformatoare sau două fidele numai poziția deschis a întreruptoarelor de zonă a celor două transformatoare sau fidele pot fi modificate.

c. După echilibrarea sarcinii între toate fidelele unui transformator, se repetă echilibrarea transformatoarelor.

#### *Reconfigurarea pe termen lung*

O abordare mai bună a problemei de reconfigurare trebuie să țină seama de variația în timp a sarcinii absorbite de consumatori. Consumatorii racordați la o rețea de distribuție urbană au în decursul unei perioade de o zi o funcționare cu sarcină variabilă, în timp profilul curbelor de sarcină al acestora putând să difere mult. Pentru același consumator există diferențe între curbele de sarcină în diversele zile ale unei săptămâni și în funcție de anotimp. De aceea reconfigurarea rețelelor de distribuție pentru funcționarea cu pierderi minime și în condiții de siguranță se face de două ori pe an: pentru funcționarea cu sarcină redusă în perioada caldă și respectiv funcționarea cu sarcină ridicată în perioada rece a anului. Pentru o configurație corectă trebuie studiate și prelucrate curbele de sarcină.

Metoda prezentată stabilește deducerea unei configurații optime sezoniere a rețelei, pornind de la curbele de sarcină zilnice ale fiecărui consumator, găsirea unei comutații optime orare în cursul unei zile și stabilirea comutațiilor critice pentru configurarea sezonieră.

Problema e găsirea acelei scheme care să minimizeze F.O.B.. Funcția obiectiv conținând un termen legat de costul de pierderi de energie în rețea și un termen care reflectă costul operației de comutație. Reconfigurarea se justifică când beneficiul obținut prin reducerea pierderilor acoperă costul operațiilor de comutație .

Problema configurării se reduce la un șir de subprobleme identice, care constau dintr-un transfer de sarcină între două fidere prin deschiderea unuia dintre întreruptoarele de secționare de pe fiderul de descărcat și închiderea în același timp a întreruptorului de legătură spre fiderul de încărcat.

Optimizarea subproblemei constă în următoarele: fiecare pereche de fidere alăturate, separate printr-un întreruptor de zonă sau de buclă deschis este supusă unei căutări a transferului optim de sarcină care să conducă la minimizarea pierderilor reale de putere pe cele două fidere în condițiile respectării restricțiilor.

$$3 \sum_{i=1}^n I_i^2 r_i + COST_{manevre} = MIN \quad (2.1)$$

cu respectarea condițiilor:

1.  $\sqrt{3} \sum I_i r_i \leq \Delta U_{MAX}$  -restricție pentru căderile de tensiune
2.  $I_i \leq I_{max i}$  -restricție pentru curenții pe tronsoanele în funcțiune

unde  $i = \overline{1, n}$  -indicele tronsonului în funcțiune

$COST_{manevre}$  -costul echivalent al manoperei plus costul uzurii întreruptoarelor acționate

$I_i$  - curentul ce circulă pe tronsonul I

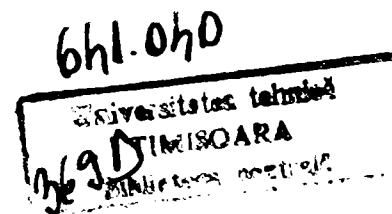
$I_{max i}$  -curentul maxim admisibil de durată pentru tronsonul I

$\Delta U_{max}$  -căderea maximă admisibilă de tensiune

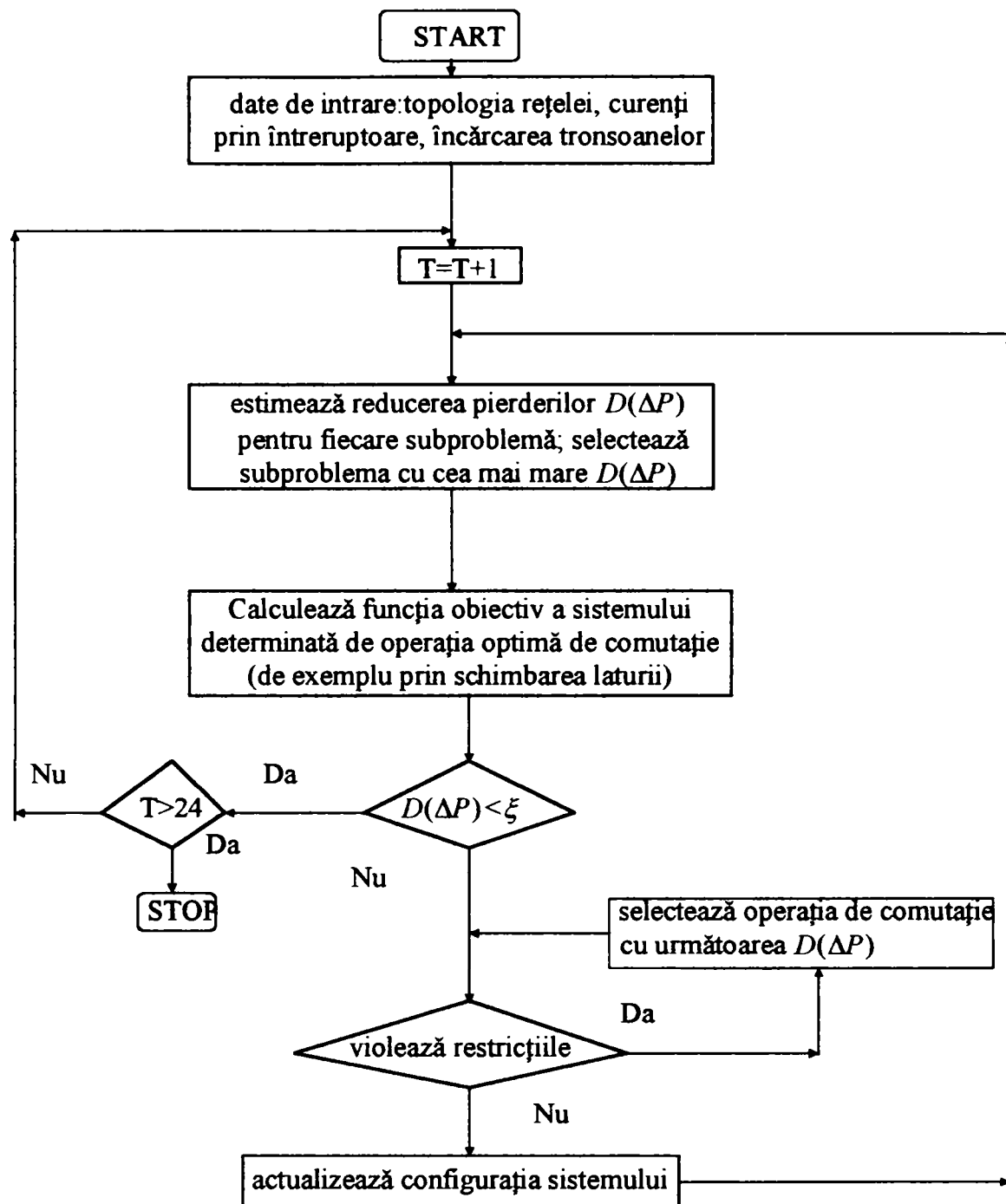
Estimarea rapidă a reducerii pierderilor se face prin calcularea pentru fiecare subproblemă a circulației de putere pentru toate alternativele de comutație și se selectează cele care duc la cea mai mare reducere de pierderi. Pentru rețelele de distribuție extinse se folosește o metodă rapidă de estimare a reducerii pierderilor printr-o operație de transfer a sarcinii între două fidere.

Algoritmul pentru comutație optimă orară

Pe baza curbelor de sarcină zilnice a consumatorilor deserviți de rețeaua de distribuție se poate calcula cu precizie profilul sarcinii pe fiecare fider și practic circulația de curenți orară pe fiecare tronson în funcțiune și deci prin fiecare întreruptor de secționare.



Ordinograma algoritmului este:



Configurația optimă orară a rețelei este realizată dacă pierderea reală de putere nu mai poate fi redusă prin operații de comutație. Algoritmul de comutație optimă orară este executat succesiv pentru cele 24 de ore în funcție de variația nivelului sarcinii pe fider.

#### *Deducerea configurației optime sezoniere a rețelei*

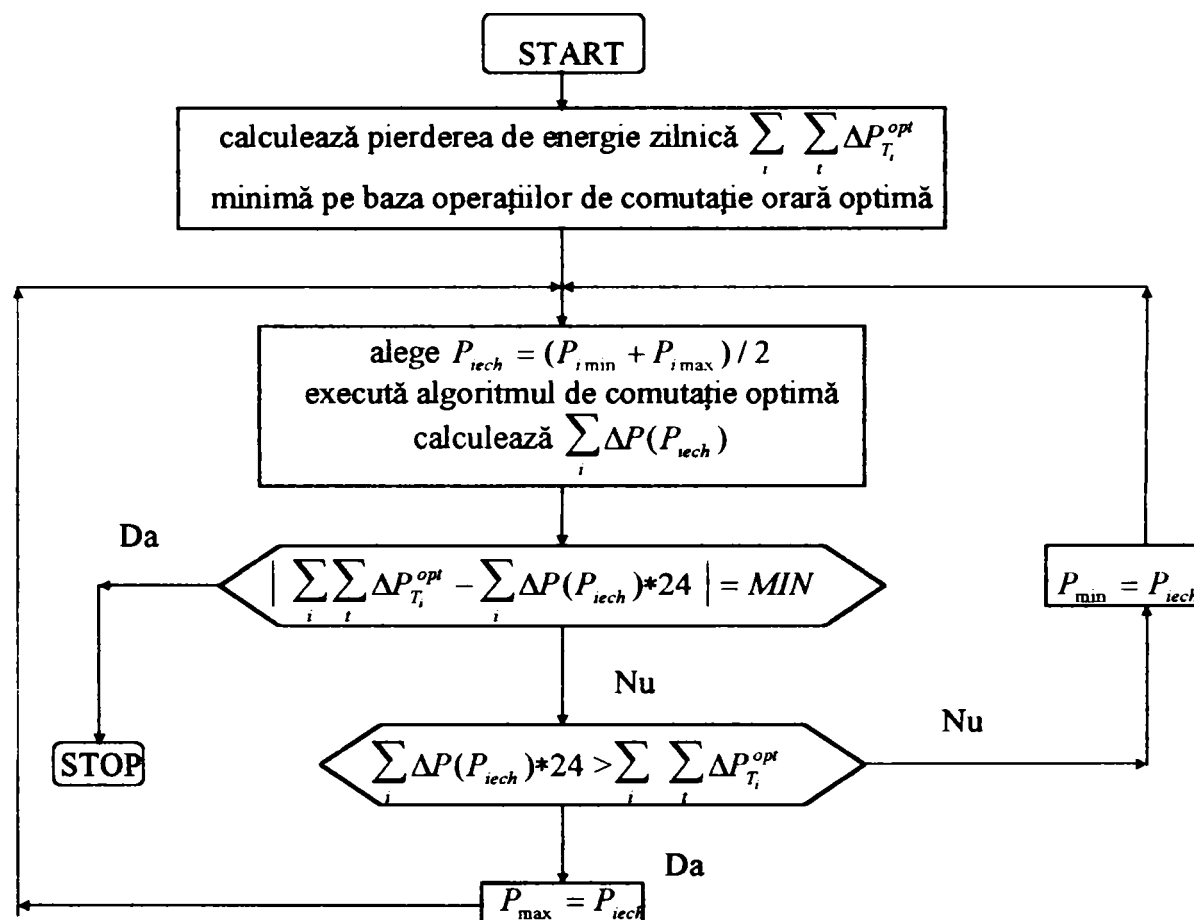
Reconfigurarea se face pentru fiecare anotimp sau cel puțin de două ori pe an, trebuind găsite comutațiile optime pe termen lung astfel încât acestea fiind aplicate la începutul anotimpului configurația sistemului să rămână nemodificată până la anotimpul următor și să corespundă unor pierderi reale minime.

Pentru aceasta se consideră fiecare fider încărcat cu o putere constantă tot timpul zilei,  $P_{iech}$  determinată astfel încât pe fiderul respectiv pierderile produse să fie aceleași cu cele obținute la funcționarea după curba de sarcină reală.

$$D(\Delta P) = \sum_i \sum_t \Delta P_{T_i}^{opt} - \sum_i \Delta P(P_{iech}) * 24 = MIN \quad (2.2)$$

unde:  $\sum_i \sum_t \Delta P_{T_i}^{opt}$  -pierdere de energie totală zilnică optimizată prin comutație orară, calculate cu graficele de sarcină zilnice  
 $\sum_i \Delta P(P_{iech}) * 24$  -pierdere de energie totală zilnică calculată considerând o sarcină zilnică constantă,  $P_{iech}$

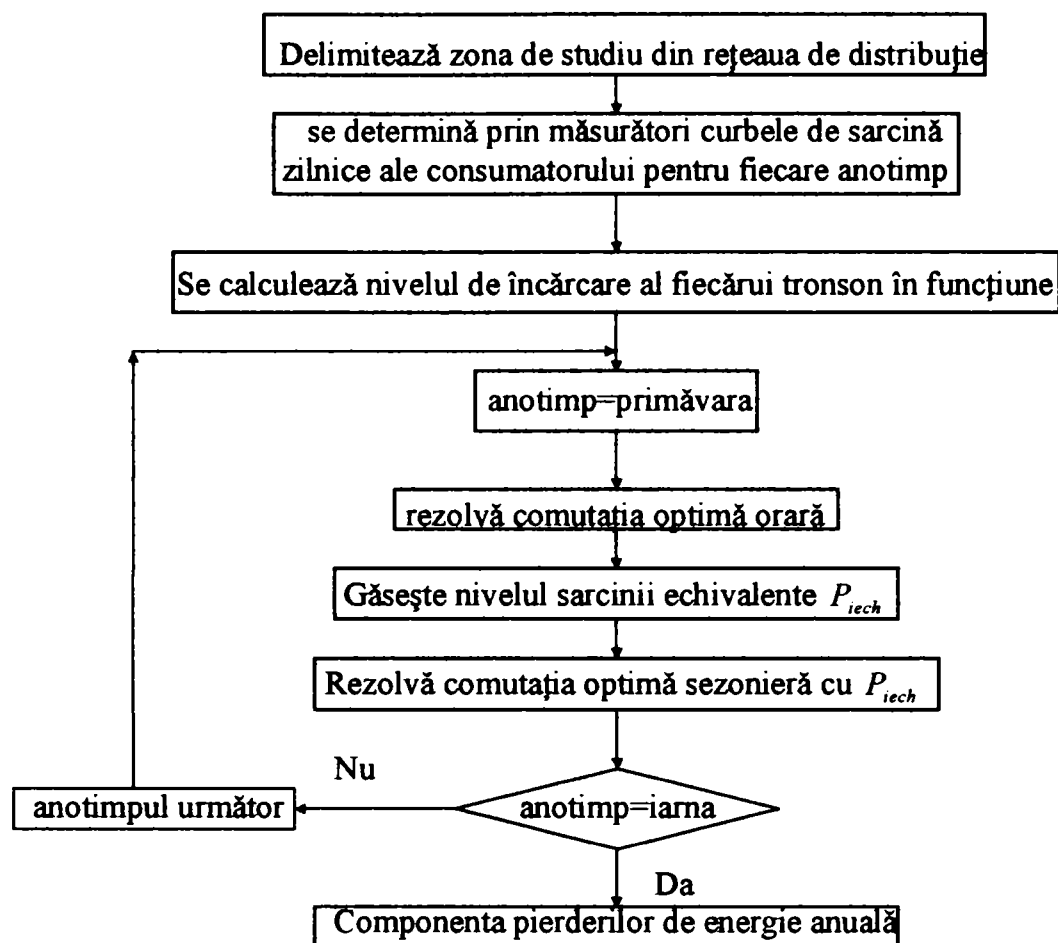
În continuare se prezintă ordinograma pentru determinarea sarcinii echivalente pentru fiecare fider și operația optimă de comutație corespunzătoare.



Se calculează mai întâi pierderea totală de energie zilnică în funcție de configurațiile optime orare pe o perioadă de o zi iar apoi se calculează pierderea totală de energie zilnică prin funcționarea tuturor fiderilor, constant, la sarcinile echivalente corespunzătoare. Dacă diferența între aceste două pierderi zilnice de energie  $D(\Delta P)$ , este minimă procedura este oprită și se obține  $P_{iech}$  care aproximează întreaga variație zilnică și sezonieră a sarcinii printr-o valoare constantă și corespunzător ei operația de comutație ce va conduce la o configurație optimă sezonieră.

## Optimizarea pe perioadă de un an

Se determină mai întâi profilul sarcinii pentru fiecare fider, pe fiecare tronson în funcțiune, în fiecare anotimp și apoi se aplică algoritmul din ordinogramă.



Însumând pierderile de energie pe fiecare anotimp se obține pierderea de energie anuală.

### *Metoda de reconfigurare a lui G.J.Peponis*

Obiectivul metodei este de optimizare a operațiunilor de distribuție în rețelele de medie tensiune astfel încât sarcini variabile să fie alimentate cu pierderi minime de energie. Reducerea pierderilor se realizează prin: instalarea unor condensatori legați în paralel și reconfigurarea rețelei [2.42].

Se examinează impactul variației sarcinii și modelării sarcinii la deciziile de optimizare.

Etapele metodei sunt:

- configurația optimă sau aproape optimă a rețelei se obține utilizând metoda de schimbare a comutatorului sau metoda deschiderii secvențiale a comutatorului, luând în considerare restricțiile de sarcină și tensiune, calculând de asemenea și un indice de calitate a tensiunii;
- se stabilește mărimea optimă a condensatorului și poziția cu ajutorul unei metode bazate pe tehnici de programare dinamică.

Această procedură se repetă până când cele două etape produc aceeași configurație și aranjamente ale condensatorilor.

Algoritm general al metodei este:

1. Se determină condiția de operare și pierderile de energie la sistemul existent.
2. Se reconfigurează sistemul spre a reduce pierderile de energie și se determină noua condiție de operare.
3. Se înlocuiesc condensatorii instalați și se conectează cei care dau maximum de beneficiu net la sistemul reconfigurat.
4. Se repetă etapele 2. și 3. până când etapele de reconfigurare și instalare a condensatorilor produc aceeași configurație și aranjamente ale condensatorilor.
5. Se efectuează o analiză a debitului de sarcină final și se evaluează pierderile de energie.

În cele cinci etape schițate mai sus sarcinile se modelează după cum urmează:

- curent constant CJ
- putere constantă CS
- impedanță constantă CZ
- mixt MX

Procesul de reconfigurare al rețelei se realizează prin două metode:

1. a) Metoda de schimbare a comutatorului (S.E.M)

Această metodă se aplică pentru consumatorii reprezentați prin curent constant CJ și se bazează pe estimarea reducerii pierderilor rezultând dintr-o operație specială de comutare. O opțiune de comutare se definește prin închiderea unui comutator deschis și deschiderea unuia din comutatoarele din bucla formată.

$$\Delta P = \operatorname{Re} \left[ 2 \left( \sum_{i \in D} \overline{J_i} \right) (\overline{E_m} - \overline{E_n})^* \right] + R_{\text{buc}l\grave{a}} \left| \sum_{i \in D} \overline{J_i} \right|^2 \quad (2.3)$$

unde:

- D : set de bare colectoare care se deconectează de la fiderul II și se conectează la fiderul I
- m,n :bare colectoare BC conectate la ramura m-n unde se instalează comutatorul ce urmează a fi închis. BC m se conectează pe fiderul I și BC n pe fiderul II

-  $\overline{J_i}$  :curent de sarcină complex la barele I

-  $R_{\text{buc}l\grave{a}}$  : rezistențele în serie ale buclei formate prin închiderea comutatorului de la ramura m-n

-  $\overline{E_m}$  : componenta pentru  $\overline{E} = R_{\text{bar}\grave{a}} \overline{J_{\text{bar}\grave{a}}}$  corespunzătoare barei m

$R_{\text{bar}\grave{a}}$  -este "matricea rezistenței" fiderului înainte de transferul sarcinii



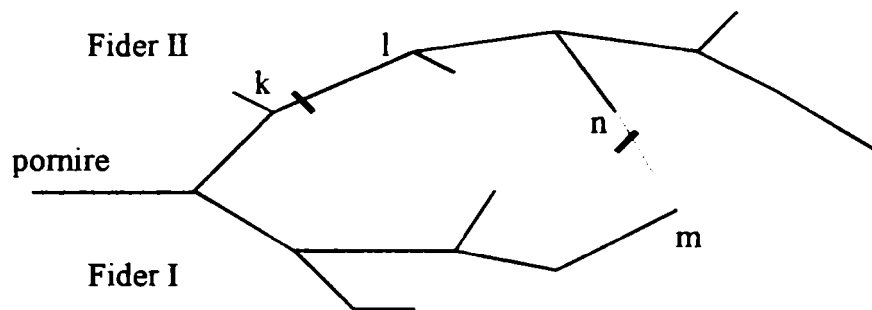
$\overline{J_{\text{bară}}}$  -este vectorul curenților pe BC pentru fiderul I

-  $\overline{E_n}$  : similar cu  $\overline{E_m}$  dar definit pentru bara n a fiderului II

După ce am luat în considerare toate opțiunile de comutare se aplică cea care asigură cea mai mare reducere de pierderi. Acest set de instrucțiuni se numeste “pas”. Sunt urmați pași succesivi până când nu mai este posibilă nici o reducere de pierderi. Această metodă nu asigură o convergență spre o configurație optimă fiind dependentă de poziția inițială a comutatorului pe rețea.

#### b) Metoda de schimbare a comutatorului îmbunătățită ISEM

Se consideră rețeaua din figură și se examinează efectele închiderii comutatorului pe ramura m-n și deschiderii pe ramura k-l



Opțiunea comutatorului:

- închiderea comutatorului ramura m-n
- deschiderea comutatorului pe ramura k-l

Ecuția (1) poate fi mai eficient aplicată dacă luăm în considerare următoarele observații generale:

a)  $\sum_{i \in D} \overline{J_i} = \overline{I_{kl}}$  unde  $\overline{I_{kl}}$  - reprezintă circulația de curent prin comutator a cărui deschidere se examinează

b)  $E_m = R_{\text{ramură}} \cdot A(i, m) \cdot I_{\text{ramură}}$

unde :  $R_{\text{ramură}}$  -matrice diagonală a rezistențelor pe ramură

$I_{\text{ramură}}$  - vector de curent pe ramură

$A(i, m)$  - m coloana matricii ramurii

c) Energia pierdută poate fi estimată adăugând  $\Delta P(t)$  diferite pe rețele. Această însumare însă împiedică folosirea regulii euristice că reducerea pierderilor poate apărea pentru comutatoare unde,  $|E_m| < |E_n|$  cea ce reduce numărul de opțiuni de comutare.

d) O opțiune de comutare ce conduce la o reducere de pierderi de energie poate fi realizată în condițiile restricțiilor circulației pe ramură. Referindu-ne la schemă verificările necesare sunt definite, notațiile se referă la configurațiile rețelelor înainte și după acțiunea de comutare.

$$1. \bar{I}_{mn}^{f \text{ nănt } e} = \bar{I}_{kl}^{după}$$

$$2. \text{ Pe traiectorie (început m)} \bar{I}_i^{f \text{ nănt } e} = \bar{I}_i^{după} + \bar{I}_{kl}^{după}$$

$$3. \text{ Pe traiectorie (început n)} \bar{I}_i^{f \text{ nănt } e} = \bar{I}_i^{după} - \bar{I}_{kl}^{după}$$

În practică schimbarea celor două comutatoare (închis, deschis) nu sunt simultane și bucla formată rămâne câteva minute. În timpul acestei condiții de operare încălcările restricțiilor asupra ramurilor trebuie examinate.

$$4. \bar{I}_{mn}^{bucld} = (\bar{V}_m^{după} - \bar{V}_n^{după}) / \bar{Z}_{bucld}$$

$$\text{Pe traiectorie (pornire m): } \bar{I}_i^{bucld} = \bar{I}_i^{după} + \bar{I}_{mn}^{bucld}$$

$$\text{Pe traiectorie (pornire n): } \bar{I}_i^{bucld} = \bar{I}_i^{după} - \bar{I}_{mn}^{bucld}$$

## 2. Metoda de deschidere secvențială a comutatorului (S.S.O.M.)

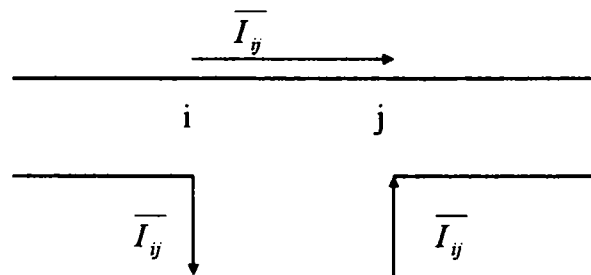
La această metodă o configurare pentru pierderi minime este determinată prin aplicarea unei analize de circulație a puterii optime în sistem cu toate comutatoarele închise. Sistemul conduce la o configurație radială prin deschiderea comutatoarelor de pe ramura cu cel mai mic curent. Modelul de circulație optimă fiind determinată după fiecare operație de deschidere a comutatorului numit pas. Circulațiile de curent la ramură trebuie verificate pentru încălcări ale restricțiilor după fiecare etapă. S.S.O.M. se poate aplica la toate modelele de consumator și da rezultate satisfăcătoare.

Variația de sarcină complică și mai mult alegerea comutatorului care să fie deschis la fiecare etapă. Teste diverse au arătat că comutatorul care trebuie deschis corespunde ramurii cu:

$$\min \sum_t |\bar{I}_k(t)|^2 \quad \text{unde } \bar{I}_k(t) \text{ - circulația de curent complexă pe ramura k la timpul t}$$

Această metodă prezintă avantajul de a fi independentă de configurația inițială și astfel este mai probabil să se obțină optimul absolut decât un minim local.

Se poate dovedi că o ramură având un comutator deschis manual se poate prezenta în poziție închisă ca injecții de curent nodal pe nodurile conectate.



Curentul  $\overline{I}_{ij}$  se calculează astfel:

$$\overline{I}_{ij} = \frac{\overline{V}_i - \overline{V}_j}{\overline{Z}_{bucia}} \quad (2.4)$$

Dacă există mai mult de un comutator normal deschis închiderea fiecăruia afectează injecțiile de curent reprezentând celelalte prin tensiuni  $\overline{V}_i, \overline{V}_j$ .

Această metodă de circulație de puteri poate da naștere instabilității tensiunii pentru sarcinile modelate prin putere constantă și impedanță constantă pentru anumite configurații de rețele slabe. Totuși în general această metodă este eficientă ca evaluare și precisă.

Procesul de instalare a condensatorilor:

Compensarea puterii reactive este cel mai acceptat mijloc de a îmbunătăți profilul tensiunii și de reducere a pierderilor de energie pe rețeaua de distribuție. Îmbunătățirea tensiunii nu se poate estima financiar direct față de reducerile de pierderi care pot fi estimate.

Funcția obiectiv de cost a acestei probleme este:

$$F = \sum_k [SL_k(I_{ck}) - C(i_{ck})] \quad (2.5)$$

unde: însumarea include toate ramurile din rețea

$SL_k(I_{ck})$  -profitul datorat reducerii pierderilor de energie anuală pe ramura k rezultat din debitul de curent capacitiv  $I_{ck}$  pe ea

$C(i_{ck})$  -costul anual (deprecierea plus costul operational) al condensatorului  $i_{ck}$  instalat la bara k

Reducerea de putere pe ramură se dovedește a fi:

$$\Delta P_k = 3R_k(2I_{LK}I_{CK} - I_{CK}^2) \quad (2.6)$$

unde:  $R_k$  - rezistența ramurei k

$I_{LK}$  - circulația de curent a sarcinii reactive pe ramura k

O metodă euristică pentru aplicarea condensatorului constă în următoarele etape:

a) Se determină condițiile de operare ale rețelei luând în considerare dependența tensiunii de sarcină (condensatorii sunt modelați ca sarcină CZ).

b) Se înlătură condensatorii instalați.

c) Pentru circulațiile de curenți determinat în etapa a) se găsește setul de condensatori ce să reducă costul operației.

d) Se repetă etapele a)-c) până când setul de condensatori nu se mai modifică.

Concluziile metodei lui G.J.Peponis sunt:

- aceeași configurație finală se obține prin oricare din cele două metode S.E.M. sau S.S.O.M., totuși prima metodă cere categoric mai puțin timp de computerizare în timp ce, cea de-a doua metodă este independentă de configurația inițială și astfel conduce mai probabil la optim
- calitatea tensiunii se îmbunătățește cu reducerea pierderilor
- modelul de sarcină afectează considerabil pierderile pe linie
- modelul de sarcină de curent constant pare să dea cele mai precise rezultate de calcul

*Metodă euristică de găsire a nodului optim de instalare a condensatorilor pentru reducerea pierderilor reactive*

Această metodă alocă condensatori în anumite noduri “senzitive” care sunt selectate prin identificarea ramurii care are cele mai mari pierderi datorate puterii reactive. Condensatoarele sunt amplasate astfel încât să se obțină un maxim de profit în bani, luându-se în considerare și costul instalării condensatorilor.

Pierderile datorate curentului reactiv sunt:

$$P_{rL} = \sum_{i=1}^M I_{ri}^2 \cdot r_i \quad (2.7)$$

unde: M –este numărul de secțiuni ale sistemului

$I_{ri}$  -curentul reactiv ce străbate secțiunea i

$r_i$  -rezistența secțiunii i

$$P_{rL} = \sum_{i=1}^M \left\{ r_i \left( \sum_{j \in S_i} I_{dj} \right)^2 \right\} \quad (2.8)$$

unde:  $S_i$  -reprezintă setul tuturor nodurilor a căror curenți de sarcină  $I_{dj}$  trec prin secțiunea i

Primul pas al metodei presupune găsirea secțiunii cu cea mai mare pierdere datorată componentei reactive și apoi se încearcă reducerea acestor pierderi.

Se presupune că secțiunea h are cea mai mare pierdere dintre secțiunile sistemului astfel

$$\text{încât: } P_{rLh} = r_h \left( \sum_{j \in S_h} I_{dj} \right)^2 \quad (2.9)$$

unde:  $P_{rLh}$  -pierderea de putere datorată componentei reactive în secțiunea h

$r_h$  -rezistența secțiunii h

$S_h$  -reprezintă setul tuturor nodurilor a căror curenți de sarcină  $I_{dj}$  trec prin secțiunea h

Dacă nodul  $K \in S_h$  are cea mai ridicată sarcină reactivă  $I_{dK}$  atunci are cel mai mare efect asupra pierderilor sistemului și este numit nod “senzitiv”. Relația se exprimă ca:

$$I_{dK} = \underset{j \in S_h}{Max} \{ I_{dj} \} \quad (2.10)$$

Se conectează un condensator în nodul K pentru a modifica curentul sarcinii reactive din  $I_{dK}$  în  $I_{nK}$ , unde  $I_{nK}$  este o nouă valoare a componentei reactive a curentului în nodul senzitiv K.

$$I_{nK} = \frac{[r_b]^T \cdot [A] \cdot [I_d]}{[r] \cdot [A_{i,K}]}, \quad I_{dK} = 0 \quad (2.11)$$

unde:  $I_{nK}$  -noul curent reactiv în nodul K după instalarea condensatorului

$I_{dK}$  -vechiul curent reactiv în nodul K înainte instalării condensatorului

[A] –matricea configurării sistemului

$[A_{i,K}]$  - al K-lea vector al matricei configurării sistemului

[r] –un vector reprezentând rezistența secțiunii

$$[r_b]^T = [r]^T \cdot [B]$$

[B] –matricea diagonală care are  $b_{i,j} = a_{i,k}$  și în rest 0

$[I_d]$  -un vector reprezentând curentul reactiv inițial

După fiecare pas se calculează tensiunea nodului pentru a verifica încălcarea restricțiilor ( $\pm 5\%$ ), dacă nu se respectă restricțiile acel condensator este deconectat și nodul următor care are cel mai mare curent reactiv este considerat nod “senzitiv”.

#### *Sistem expert. Strategie de cercetare euristică [2.34,2.38,2.43]*

Sistemul expert e o ramură a inteligenței artificiale care folosește cunoștințe specializate pentru a rezolva o problemă la nivelul unui expert uman. Din punct de vedere conceptual un sistem expert are două mari componente: baza de cunoștințe și motorul de interferență care operează asupra bazei de date.

Baza de date se formează prin achiziționarea cunoștințelor de la experți umani și din alte surse, validarea și codificarea acestora.

Motorul de interferență este mecanismul pe baza căruia se dezvoltă raționamentele prin folosirea uneia sau mai multor metode de interferență. Metodele de interferență pot fi de mai multe feluri:

-deducția : raționamentul logic, în care concluziile trebuie să urmeze premisele

-inducția : raționamentul se face de la particular la general

-euristica : regulile sunt bazate pe experiență

-abducția : raționamentul se face de la concluzia adevărată către premisele care pot fi cauza concluziei

-nonmonotonia : cunoștințele anterioare pot devenii incorecte, când apar fapte noi care le contrazic

-analogia : raționamentul se bazează pe similitudinea cu alte situații

Există două mecanisme de interferență:

1. Înlanțuirea înainte care urmărește stabilirea unor fapte, pe baza unui șir de deducții pornind de la datele de intrare și ținând seama de baza de cunoștințe.

2. Înlanțuirea înapoi pomește de la un anumit scop și folosind regulile din baza de cunoștințe stabilește care din faptele inițiale trebuie să fie adevărate pentru ca scopul propus să fie atins.

Regulile euristice cu care se operează se alătură unui arbore decizional construit pentru reprezentarea acțiunilor posibile în cadrul unei probleme date.

Pentru reconfigurarea rețelelor de distribuție, cercetarea euristică, prin faptul că reduce domeniul de căutare și deci timpul de calcul este foarte potrivită mai ales în cazul reconfigurării pentru restabilirea alimentării consumatorilor într-o situație de post avarie.

Scopul principal al strategiei de cercetare euristică prezentat în acest subcapitol este de a elimina eficient toate problemele de suprasarcină a transformatoarelor și de încălcare a restricțiilor de tensiune și curent, prin determinarea statutului închis/deschis al tuturor întreruptoarelor din sistem. Minimizarea pierderilor pe linie e un scop secundar.

La apariția suprasarcinilor pe mai multe transformatoare se rezolvă problema cea mai gravă, printr-un transfer de sarcină de pe transformatorul în cauză pe celelalte transformatoare și apoi se rezolvă celelalte în ordine descrescătoare a nivelului de gravitate.

În ceea ce privește reconfigurarea, arborele decizional (de căutare ) este construit astfel încât să reprezinte toate operațiile de comutație posibile pentru transferul de sarcină.

Scopul final e găsirea arborelui corespunzător configurației care va elimina suprasarcinile din rețea fără încălcarea restricțiilor, iar dacă există mai mult de o soluție va fi selectată acea succesiune de comutații care ar distribui încărcarea transformatoarelor cât mai proporțional cu capacitățile lor nominale.

Procedură pentru înlăturarea suprasarcinilor

Prima sarcină în această metoda implică găsirea întreruptoarelor posibile prin care se va înlătura o problemă de suprasarcină a transformatorului fără a crea o altă suprasarcină.

Pașii procedurii sunt următorii:

1. Se începe cu cel mai încărcat transformator (TSp).

Determină transformatoarele care au legături directe cu TSp care se vor constitui în așa numitul "nivel 1 de transformare"(TN1).

2. Identifică toate întreruptoarele de zonă între TSp și TN1.

3. Elimină întreruptorul pentru care transferul de sarcină ar crea o problemă de supraîncărcare pe tronsonul de legătură.

4. Se consideră fiecare întreruptor de zonă și se face operația de închidere a acestui întreruptor și de deschidere a întreruptorului de secționare pentru a transfera sarcina de pe TSp pe TN1.

Reactualizează puterea aparentă totală prin TSp și TN1 rezultată în urma transferului de sarcină.

#### Strategii de cercetare euristică exhaustivă

Garantarea soluției optime nu poate fi oferită decât prin folosirea unui arbore de cercetare exhaustivă și evaluarea tuturor nodurilor acestuia. Sunt cunoscute ca tehnici de cercetare exhaustivă cercetarea primară în adâncime și cercetarea primară în lărgime.

Tehnica cercetării primare nu conduce la un optim global întotdeauna, ci la un optim local, dar micșorează foarte mult timpul de calcul. Ea constă din următoarele:

-mișcarea înainte pornește de la nodul cu cel mai mare potențial de a conduce la o soluție

-în fiecare moment e creat un nod pentru care distanța rămasă până la o soluție este estimată euristic

-acest nod e dezvoltat pentru determinarea nodurilor "copii"

-dacă nici unul dintre "copiii" rezultați nu e o soluție, atunci ei sunt evaluați euristic pentru a determina distanța rămasă până la soluție

-apoi ciclul reîncepe prin extinderea nodului arbore până la nivelul de bază care are cel mai mare potențial de a conduce la o soluție

-acestea se continuă până la găsirea unei soluții.

#### Reguli euristice pentru direcționarea cercetării

Pentru a dezvolta metode euristice bune în ce privește estimarea distanței rămase de la un nod la o soluție în cazul rețelei de distribuție aceasta se va baza pe topologia rețelei, parametrii și starea rețelei. Pentru controlul propagării prin arborele de cercetare se vor folosi următoarele reguli euristice:

R1: Transferă sarcina la transformatoarele care sunt mai puțin încărcate. Acest lucru va duce la distribuția mai uniformă a sarcinilor transformatoarelor în sistem și va satisface și cerințe ce privesc tensiunea și suprasarcinile.

**R2: Evită transferul sarcinilor pe fiderele sau transformatoarele pentru care tocmai a fost înlăturată o încălcare de restricții.**

**Dacă s-ar executa un transfer e posibil să se obțină o nouă încălcare de restricții.**

**R3: Consideră căderea de tensiune de la stația de transformare la ambele capete ale unui tronson deschis.**

**Dacă sarcina se transferă de la partea cu cea mai mică cădere de tensiune spre cea cu o cădere de tensiune mai mare, pierderile de putere vor crește și invers.**

**R4: În cazul unor încălcări severe ale restricțiilor consideră încărcările transformatoarelor din al doilea nivel.**

**Se poate ca transformatoarele din primul nivel să nu poată prelua un transfer de sarcină, de aceea este necesar transferul de sarcină de la transformatoarele din primul nivel spre transformatoarele din cel de-al doilea nivel.**

**R5: În timpul procesului de reconfigurare consideră operațiile deja calculate. Astfel se pot evita comutațiile inutile și preveni încălcările de restricții.**

**R6: Încearcă mutarea sarcinilor pe transformatoarele ale căror sarcini actuale sunt mai scăzute decât sarcinile lor proiectate.**

**Sarcina transformatoarelor va fi distribuită proporțional cu capacitățile lor nominale.**

**R7: Consideră posibilitatea existenței unei soluții mai bune în adâncul arborelui de cercetare dacă a fost găsită o soluție printr-o încălcare de restricții.**

**Dacă condițiile de încărcare cu sarcină și starea sistemului sunt favorabile atunci se poate găsi o altă soluție pe o cale mai bună.**

**R8: Consideră gradul în care fiderele din primul nivel sunt deja încărcate.**

**Dacă valorile curenților și tensiunilor sunt la limită pe fiderele din primul nivel atunci este mai de dorit să se încalce o restricție prin transferarea sarcinii pe un astfel de fider decât dacă sarcina este transferată pe un fider mai puțin încărcat.**

**Pentru a face strategia de reconfigurare mai eficientă se încearcă folosirea unor criterii suplimentare:**

- 1. Se face o distincție între încălcările restricțiilor pe termen scurt și cele pe termen lung.**
- 2. Se impune ca încărcările transformatoarelor din stații să fie distribuite relativ la capacitățile lor nominale, într-un mod cât mai proporțional posibil.**
- 3. Impune ca numărul de acționări ale aparatajului de comutație să fie minimizat. Un număr mare de acționări putând dăuna prin următoarele:**

**-uzura fizică a întreruptoarelor**

**-funcționări greșite ale schemei de protecție**



- atenuarea semnalelor de comunicație
- propagarea armonicilor în rețea

### *Algoritmi genetici*

Algoritmii genetici sunt algoritmi adaptivi care determină soluția optimală a unei probleme de optimizare pe baza unor mecanisme specifice geneticii și selecției naturale. Soluțiile acestor algoritmi genetici se numesc cromozomi.

Aplicarea algoritmilor genetici la rezolvarea unor probleme de optimizare necesită parcurgerea a cinci etape, ultimele patru reluându-se iterativ până la satisfacerea unei condiții optime:

1.Reprezentarea soluției admisibile se face printr-un lanț cromozomial de lungime finită, valorile elementelor din lanț având o codificare binară.

2.Evaluarea soluțiilor se face cu ajutorul funcției obiectiv care descrie problema de optimizare analizată ce se numește “funcție de adaptare”. Algoritmii genetici evoluează în sensul maximizării funcției de adaptare  $f$ . Dacă problema urmărește minimizarea funcției obiectiv  $F$  atunci funcția de adaptare se definește ca fiind inversa acesteia  $f = F^{-1}$ .

3.Reproducerea- în această etapă are loc creerea unei noi populații pe baza gradului de adaptare a fiecărui cromozom, stabilit în etapa anterioară. Cea mai răspândită cale de aplicare a operatorului de reproducere o reprezintă așa numita reproducere proporțională. În acest caz fiecare cromozom produce un număr de copii proporțional cu raportul  $f_i / \sum_j f_j$ , unde  $f_i$  reprezintă funcția de adaptare a cromozomului  $i$ .

4.Recombinarea (încrucișarea) –etapă la care algoritmii genetici apelează pentru agregarea diferitelor segmente ale informației corespunzătoare soluției optime. Soluția optimă a problemei analizate fiind desemnată în informația conținută de toți cromozomii populației. Tehnica de recombinare cea mai utilizată este încrucișarea prin care se aleg doi cromozomi “părinți” prin a căror încrucișare rezultă doi cromozomi “urmași” care reprezintă soluții admisibile ale problemei care nu existau în populația anterioară.

5.Mutații –etapa de recombinare asigură îmbogățirea informației esențiale înmagazinate în lanțurile cromozomiale. Totuși este posibil ca pornind de la o generație inițială orice recombinare între cromozomi să nu ducă la soluția optimă. Eliminarea acestor neajunsuri este posibilă dacă unora dintre cromozomi li se aplică, cu o anumită probabilitate, un operator specific, de mutație. Acest operator alege la întâmplare unul dintre cromozomi, după care

generează un număr aleator cuprins între 1 și L (lungimea lanțului cromozomial) și realizează bascularea între 0 și 1 a elementului cu numărul de ordine respectiv din lanț.

În comparație cu metodele tradiționale de rezolvare a problemei de optimizare, algoritmi genetici prezintă o serie de avantaje:

- algoritmi genetici folosesc reprezentări ale soluțiilor potențiale și nu soluțiile înseși, ei nu necesită o modelare foarte riguroasă a problemei analizate, ceea ce are implicații pozitive atât asupra memoriei folosite, cât și asupra timpului de calcul;

- nu necesită calculul complex al unor derivate;

- algoritmi genetici realizează o căutare paralelă în spațiul soluțiilor în opoziție cu căutările pas cu pas.

### **2.3. Concluzii**

Scopul acestui capitol a fost acela de a prezenta problemele generale legate de reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție. Cu această ocazie au fost trecute în revistă aspectele legate de scopul reconfigurării, restricțiile care intervin în acest proces, modul de abordare: în condițiile regimului permanent sau de avarie și în mod deosebit metodele folosite în procesul de reconfigurare. Dintre metodele de reconfigurare folosite actualmente sau prezentat pe scurt cele mai folosite și anume: metoda rețelelor omogene, metodele de graf, metodele ce folosesc programarea neliniară aplicată pe un graf de fluenți, metode euristice. Fiecare dintre metode este evidențiată prin particularitățile ei, scop aplicare și eficiență. Un rol deosebit este acordat prezentării metodelor euristice, metode eficiente și mult răspândite în ultima vreme comparativ cu metodele tradiționale.

### **Bibliografie**

[2.1] Stănculescu A. -Metodă operațională pentru determinarea traseelor optime în rețele electrice urbane, Energetica , volum 26, octombrie 1978

[2.2] Hertz A , Girand D., Faust C.-CORALI -Un modele pour la recherche de schemas d'exploitation sur les reseaux de distribution moyenne tension , RGE,Tome 89, No 2-Fevrier 1980

[2.3] Kujaszczyk S. –Systeme informatique pour la recherche du schema d'exploitation optimal d'un reseau de distribution ,RGE, Tome 89, No 2-Fevrier 1980

- [2.4] C.H. Castro, J.B. Bunch and T.M. Topka-Generalized Algorithms for Distribution Feeder Deployment and Sectionalizing, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS 99, March/April 1980, pp 549-557
- [2.5] D.I. Sun , S.Abe, R.R. Shultz, M.S. Chen, P. Eichenberger, D. Farris-Calculation of Energy Losses in a Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS 99, July/August 1980, pp 1347-1356
- [2.6] Albert H.-Pierderi de putere și energie în rețele electrice. Determinare. Măsuri de reducere , Editura Tehnică , București, 1984
- [2.7] S. Kilyeni- Optimizări și calculatoare în electroenergetică, curs , Litografia IPTV Timișoara, 1987
- [2.8] T. Gonen, I.J. Ramirez-Rosado – Optimal Multi-Stage Planning of power Distribution Systems , IEEE Transactions on Power Delivery, vol. PWRD-2,No. 2, April 1987
- [2.9] Civanlar S., Grainger I., Lee S.H.-Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction , IEEE Transactions on Power Delivery, July, 1988, pp 1217-1223
- [2.10] C. Liu, S. Lee, S.S. Venkata-An Expert System Operational Aide For Restoration and Loss Reduction of Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Systems, vol.3, No 2, May 1988, pp 619-626
- [2.11] K. Aoki , H. Kuwabara, T. Satoh, M. Kanezashi-An Efficient Algoritm for Load Balancing of Transformers and Feeders by Switch Operations in Large Scale Distribution Systems, , IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 3, No 4, October 1988, pp 1865-1872
- [2.12] M. E. Barau , F.F. Wu- Network Reconfiguration for Loss Reduction and Load Balancing, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, No 2, April 1989, pp 1401-1407
- [2.13] A.L. Morelato and A. Monticelli- Heuristic Search Approach to Distribution System Restoration, IEEE Transactions on Power Delivery vol. 4, No. 4, October 1989, pp. 2235-2241
- [2.14] C.C. Liu, S.J. Lee and K. Vu- Loss Minimization of Distribution Feeders and Algorithms, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, No 2, April 1989, pp 1281-1289
- [2.15] D. Shirmohammadi, H. W. Hong- Reconfiguration of Electric Distribution Networks for Resistive Line Losses Reduction, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, No 2, April 1989, pp 1492-1498
- [2.16] J.L. Chen and Y.Y. Hsu- An Expert System for Load Allocation in Distribution Expansion Planning, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, No 3, July 1989, pp 1910-1918

- [2.17] Patton J.B., Rizy D.T., Lawer J.S.-Application Software for Modeling Distribution Automation Operations on the Athens Utilities Board, IEEE Transactions on Power Delivery, No 2, April 1990, pp. 1019-1025
- [2.18] T. Taylor, D. Lubkeman- Implementation of Heuristic Search Strategies for Distribution Feeder Reconfiguration, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 5, No 1, January 1990, pp. 239-246
- [2.19] G. Chang, I. Zrida , I.D. Birdwell- Knowledge-based Distribution System Analysis and Reconfiguration , IEEE Transactions on Power Systems, vol. 5, No 3, August 1990, pp 744-749
- [2.20] V. Glamocanin- Optimal Loss Reduction of Distribution Networks , IEEE Transactions on Power Systems, vol. 5, No 3, August 1990, pp. 775-781
- [2.21] Y.Y. Hsu and J.L. Chen- Distribution Planning Using a Knowledge- Based Expert System, IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 3,(1990)
- [2.22] H.D. Chiang and R.J. Jumeau- Optimal Network Reconfiguration in Distribution Systems: Part 1: A New Formulation and A Solution Methodology, IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 4,(1990)
- [2.23] H.D. Chiang and R.J. Jumeau- Optimal Network Reconfiguration in Distribution Systems: Part 2: Solution Algorithms and Numerical Results, IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 3,(1990)
- [2.24] C.H. Hassfield et. al.- An Automated Method For Least Cost Distribution Planning IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 2,(1990)
- [2.25] K. Aoki, K. Nara et. al.- New Approximate Optimization Method for Distribution System Planning, IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 1,(1990)
- [2.26] R. Cespedes G.- New Method for Analysis of Distribution Networks, IEEE Transactions PWRD, vol. 5, No 1, January 1990
- [2.27] Wagner T.P., Chikhaul A.Y., Hachen R.- Feeder Reconfiguration for Loss Reduction , IEEE Transactions on PD, No 4, October 1991, pp. 1922-1931
- [2.28] Adrian Buta : Transportul și distribuția energiei electrice- U.T.T. 1991
- [2.29] K. Nara , A. Shiose, M. Kitagawara- Implementation on Genetic Algorithm for Distribution Systems Loss Minimum Reconfiguration , IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 7, No 3, August 1992, pp 1044-1051
- [2.30] R.P. Broadwater, A. H. Khan, R.E. Lee- Time Varying Load Analysis to Reduce Distribution Losses Through Reconfiguration , IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, No 1, January 1993

- [2.31] C.S. Chen, M.Y. Cho- Energy Loss Reduction by Critical Switches, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, No 3, July 1993, pp 1246-1253
- [2.32] Y.Y.Hsu- Planning of Distribution Feeder Reconfiguration with Protective Device Coordination, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, No 3, July 1993
- [2.33] H. Kim, Y. Ko, K.H. Jung- Artificial Neural Network Based Feeder for Loss Reduction in Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, No 3, July 1993
- [2.34] Moga M., Varsandan L.- Contribuții privind realizarea unor sisteme expert pentru operațiile de reconfigurare a rețelelor electrice de distribuție, Energetica, vol 4, Nr 5-B, 1993, pp 216-222
- [2.35] M.S. Tsai, C. Liu, V.N. Mesa, R. Hartwell- IOPADS (Intelligent Operational Planning Aid for Distribution Systems) IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, No 3, July 1993
- [2.36] M. Eremia , C. Radu , I. Tristiu, C. Bulac- Reconfigurarea rețelelor de distribuție pentru reducerea pierderilor de putere, Simpozionul Național de rețele electrice, Editia a VII-a Suceava, 1994, vol I
- [2.37] V. Dumbravă , Th. Miculescu, G. Bazaciu- Algoritm euristic și program de calcul pentru determinarea punctelor de debrulare în rețelele electrice urbane de distribuție , Simpozionul Național de rețele electrice, Editia a VII-a Suceava , 1994, vol I
- [2.38] G. Cartina, G. Georgescu, M. Gavrilas, C. Bonciu- Rețele neuronale artificiale și sisteme expert în energetică, Ed. Gh. Asachi, Iasi,1994
- [2.39] T. S. Abdel Salam s.a.- A new technique for loss reduction using compensating capacitors applied to distribution systems with varying load condition- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 9, No 2, April '94, pp819-827
- [2.40] Adrian Pană: Referat de doctorat -Reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție- U.T.T. 1995
- [2.41] V. Dumbravă, Th. Miculescu, G. Bazaciu- Determinarea schemei de funcționare pentru rețelele electrice urbane de distribuție- Energetica nr. 4 seria B aug. 1995, pp 194-201
- [2.42] G.J. Peponis : Distribution network reconfiguration to minimize resistive line losses- IEEE Transaction on Power Delivery, vol.10, No. 3, July 1995, pp 1338-1342
- [2.43] M. Eremia, I. Tristiu, C. Radu, C. Burlac: Methode heuristique de reconfiguration des reseaux de distribution pour reduire les pertes de puissance et d'energie, In: Revue Energetica, No.5 B, 1995
- [2.44] Ji Yuan Fan s.a.- Distribution network minimum loss reconfiguration- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 11, No 3, July 1996, pp 1643-1647

- [2.45] I. Tristiu, R. Ckerakaoui, A. Germond, M. Eremia, C. Bulac- Reconfiguration multicritere pour l'optimisation du fonctionnement des reseaux electriques de distribution- Energetica nr. 5 seria B sept-oct 1996, pp201-207
- [2.46] V. Dumbravă, Th. Miclescu, G. Bazaciu- Stabilirea schemelor debuclate de functionare in rețele de distribuție complexe folosind metode euristice, Energetica nr. 5 seria B sept-oct 1996, pp 226-234
- [2.47] M. Gavrilas, Gh. Georgescu: Utilizarea algoritmilor genetici pentru determinarea schemelor optime de funcționare a rețelelor de distribuție urbană, Energetica nr. 6 seria B noi.-dec. 1996, pp. 249-256
- [2.48] V. Borozan, N. Rajakovic- Application assessments of distribution network minimum loss reconfiguration- IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, No 4, October 97, pp 1786-1792
- [2.49] V. Dumbravă, Th. Miclescu, G. Bazaciu- Aspecte noi în reconfigurarea schemelor de exploatare ale rețelelor urbane de distribuție- Simpozionul Național de rețele electrice Pitești, vol. 2, 09-10 sept. 1998, pp 771-780
- [2.50] V. Dumbravă, Th. Miclescu, G. Bazaciu- Tehnici noi de reconfigurare a schemelor de exploatare pentru rețele urbane de distribuție, Energetica nr. 8-9 seria B aug.-sept 1999, pp 357-363
- [2.51] Gh Georgescu, V. Varvara- Amplasarea optimă a surselor de putere reactivă în rețelele de distribuție folosind metoda de simulare și algoritmi evolutivi- Simpozionul Național de rețele electrice Iași, vol. 2, 25-26 mai 2000

## Cap.3 Reconfigurarea rețelelor de distribuție din considerente de pierderi de putere și energie

### 3.1. Pierderi de putere și energie în rețelele electrice

Transportul și distribuția energiei electrice implică, ca orice proces fizic, un consum de energie. Acest consum denumit impropriu “pierderi”, se regăsește sub această denumire în multe lucrări de specialitate și chiar în statisticile internaționale.

Pierderile apar în procesul de livrare a energiei la consumatori după cum rezultă[3.1]:

- generare: consumuri în centrale
- transport FÎT și ÎT: pierderi în rețelele de FÎT și ÎT + pierderi netehnice și consumatori la înaltă tensiune
- distribuție medie tensiune: pierderi în rețelele de distribuție de medie tensiune + pierderi netehnice și consumatori la medie tensiune
- distribuție joasă tensiune: pierderi în rețelele de distribuție de joasă tensiune + pierderi netehnice și consumatori la joasă tensiune

Randamentul diferitelor elemente, funcționând în rețelele electrice este ridicat și anume 99% pentru transformatoarele de putere funcționând la sarcină nominală; 98% pentru o linie de înaltă tensiune de 100km funcționând la putere nominală. Cu toate acestea, prin conectarea în serie a diferitelor elemente, de la sursă la consumator, pe ansamblul sistemului se obține un randament sensibil mai redus[3.2].

În figura următoare se prezintă balanța energetică a unui sistem dezvoltat.

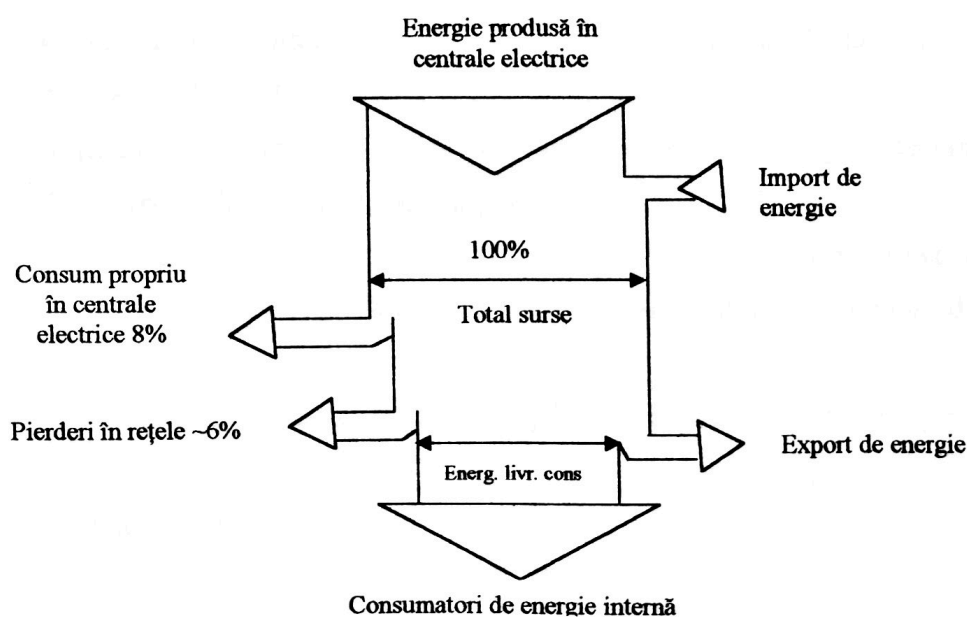


Fig. 3.1 Balanța energiei electrice într-un sistem energetic

Pierderile la generare se pot reduce prin creșterea randamentului acestei instalații, prin introducerea de noi tehnologii.

Pierderile în rețele au o mare influență asupra indicilor tehnico-economici ai rețelei, întrucât ele se reflectă în costul transportului energiei electrice. De remarcă, că în costul transportului, cel al pierderilor reprezintă circa 30 ÷ 40%.

Aceste pierderi în rețele reprezintă în diferite țări între 8 ÷ 15% din energia electrică consumată în toate sistemele energetice și se manifestă o preocupare deosebită pentru reducerea acestora. Studiile întocmite evidențiază faptul că cel mai adesea, reducerea pierderilor în rețele este mult mai economică decât creșterea corespunzătoare a capacității de generare. Un element hotărâtor în schimbarea opticii cu privire la acest consum a fost evoluția costului petrolului comparativ cu cea a cuprului și aluminiului, materiale componente ale liniilor și transformatoarelor. Se poate observa că în timp ce prețul petrolului a crescut simțitor, prețul aluminiului sau cuprului au rămas aproape constante.

Pierderile în rețele raportate statistic rezultă din diferența dintre energia emisă în rețele de către centralele electrice sau importată și energia vândută consumatorilor inclusiv cea exportată. Ele includ trei componente:

- Consumul propriu tehnologic aferent procesului de transport și distribuție a energiei electrice în condițiile prevăzute prin proiectul instalației
- Pierderi tehnice prin abateri de la regimul de funcționare proiectat, fie prin dezvoltarea incompletă a instalațiilor, fie prin funcționarea necorespunzătoare a instalațiilor.
- Pierderi comerciale (pozitive sau negative) rezultă din erorile introduse de calitatea grupurilor de măsură și organizarea evidenței energiei electrice, dar cuprinzând și unele consumuri nemăsurate ca cel al transformatoarelor de măsură, contoare, precum și furtul de energie electrică.

Considerând astfel problema, rezultă că studiul a ceea ce impropriu denumim “pierderi în rețele”, în vederea reducerii acestora, comportă analize distincte în trei direcții:

1. Optimizarea procesului de transport și distribuție în faza de proiectare și stabilire a consumului propriu tehnologic teoretic, pentru diferite regimuri de funcționare a instalațiilor.
2. Eliminarea pierderilor tehnice în rețele, prin încadrarea în regim optim de funcționare a instalațiilor, prin respectarea programului de investiție și printr-o exploatare optimă a instalațiilor.



3. **Perfecționarea evidenței energiei în cadrul organizării administrative a întreprinderilor astfel încat influența unor erori de determinare sau nemăsurare să fie minimă asupra valorilor raportate pentru pierderile în rețele.**

Trebuie luat în considerare, în toate direcțiile de studiu realizarea unei economii maxime pe ansamblul sistemului cu respectarea condițiilor de siguranță necesare în alimentarea tuturor consumatorilor.

Consumul tehnologic de putere (energie) activă din punct de vedere fizic apare în rețelele sistemului energetic ca fiind suma consumurilor tehnologice localizate în:

- conductoarele liniilor electrice și înfașurările transformatoarelor și autotransformatoarelor datorită trecerii curentului electric, prin efect termic (Joule);
- miezul magnetic al transformatoarelor și autotransformatoarelor datorită prezenței câmpului magnetic, prin curenți turbionari și prin histerezis;
- liniile de tensiuni de 220kV și peste datorită prezenței câmpului electric prin efect Corona
- dielectricul izolației, de regulă în cazul liniilor în cablu cu tensiune de 60kV și mai mult sau a liniilor în cabluri de medie tensiune cu izolație de PVC ca urmare a prezenței câmpului electric

Pierderile prin efect termic la trecerea curentului depind de puterea activă și reactivă vehiculată și se pot reduce într-un caz dat, prin mărirea secțiunii transversale a conductorului sau reducerea curentului.

Pierderile datorate magnetizării transformatoarelor (autotransformatoarelor) nu depind practic de sarcină. Ele se pot reduce printr-o dimensionare și utilizare optimă.

În rețelele corect dimensionate, pierderile independente de sarcină datorate efectului Corona, pierderile prin dielectric și în izolațiile incomplete au o pondere scăzută. O pondere importantă în pierderile totale o au pierderile prin izolație de PVC la cablurile de medie tensiune.

Determinarea pierderilor într-o rețea electrică pe bază de măsurători reprezintă atât din punct de vedere economic cât și tehnic o problemă dificilă.

Deci problema valorii pierderilor de putere (energie) din cele prezentate mai sus reprezintă un indicator ce caracterizează funcționarea unui sistem energetic. Valorile acestui indicator sunt determinate încă din perioada planificării, proiectării și dimensionării instalațiilor, când se stabilește nivelul consumului tehnologic justificat, cel care conduce la un optim pe ansamblul sistemului energetic, fără a fi însă valoarea minimă posibil de realizat.

În exploatare, realizarea nivelului optim de pierderi în rețelele sistemului energetic, pentru o anumită structură de rețele și generare a puterii, se poate obține printr-o corectă repartiție a producerii puterii active și reactive, optimizarea configurației rețelei în funcție de condițiile

reale momentane, reglarea corectă a tensiunii în funcție de sarcină și condiții atmosferice. În prezent, în urma dotării centrelor de comandă operativă cu calculatoare de proces, prin controlul automat al tensiunii, a generării locale a puterii reactive se pot obține regimuri apropiate de optim, deci practic se poate obține realizarea consumului tehnologic corespunzător proiectului fără pierderi.

### 3.2. Calculul pierderilor de energie electrică în rețelele radiale

Rețelele de distribuție sunt răspândite pe o suprafață mare și se caracterizează printr-un număr mare de elemente (feederi, distribuitori de medie tensiune) și prin lipsa aparatelor de măsură care să permită monitorizare sarcinilor. Din aceste motive, calculul pierderilor de putere și energie în rețelele de distribuție este laborios și de cele mai multe ori imprecis, dacă nu se ține seama de variația în timp a sarcinilor[3.3].

Există o mare diversitate de metode și mijloace pentru estimarea pierderilor de energie în rețelele electrice. Aceste metode se pot grupa în principal în două categorii: de calcul și prin măsurători. Cele mai precise sunt cele de calcul care folosesc determinarea pierderilor de putere în intervale mici de timp cu considerarea a o serie întreagă de factori de corecție[3.9]. Foarte utile sunt și metodele aproximative, dintre care se remarcă, metoda timpului de pierderi și a descompunerii curbelor de sarcină în serii Fourier. Deși par foarte operative și relativ destul de precise aplicarea lor mai ales în cazul rețelelor de distribuție, presupune calcule laborioase pentru stabilirea unor corelații utile, care să permită estimarea timpului de pierderi sau a curentului mediu pătratic, direct prin indicatorii curbelor de sarcină.

Prezentarea sintetică a metodelor de estimare a pierderilor de energie este redată în fig.3.2:

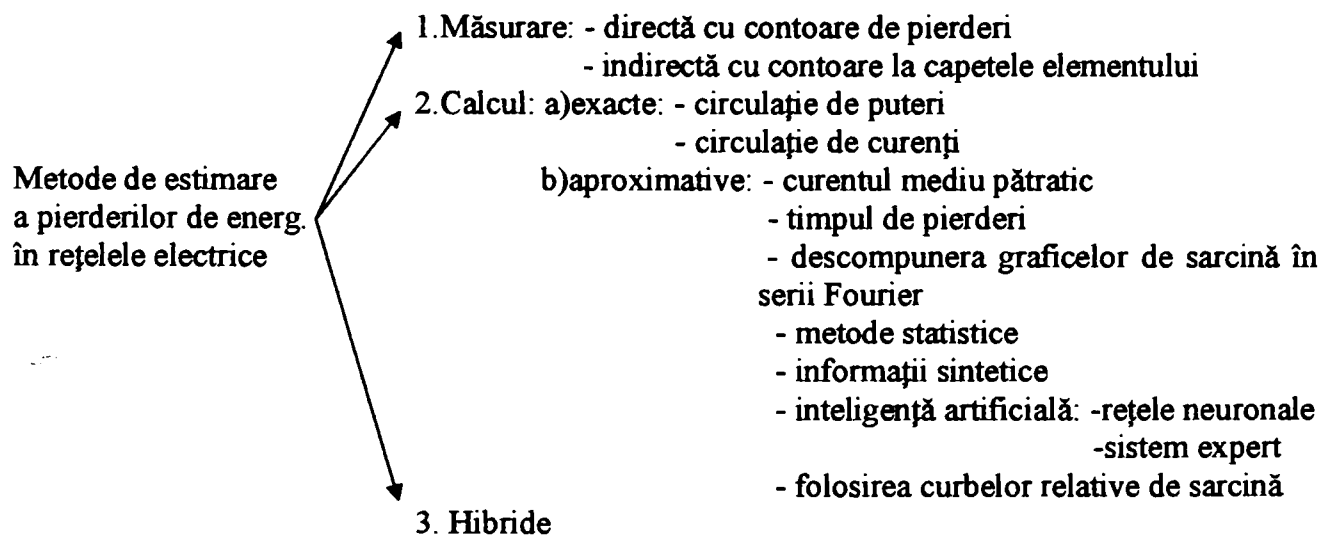


Fig.3.2. Prezentarea sintetică a metodelor de estimare a pierderilor de energie în rețelele de distribuție

În continuare se vor prezenta doar două dintre metode: descompunerea graficelor în serii Fourier și metodele statistice.

### 3.2.1. Metoda descompunerii graficelor în serie Fourier

Dacă funcțiile  $P_1(t)$  și  $Q_1(t)$ , reprezentând graficele de sarcină activă și reactivă din nodul I al unei rețele de distribuție pe un interval T se consideră funcții periodice ce satisfac condițiile lui Dirichlet, atunci ele se descompun în serie Fourier de forma[3.10]:

$$P_i(n) = \overline{P}_i + \sum_{k=1}^N A_{i,k}^P \sin k\omega t + \sum_{k=1}^N B_{i,k}^P \cos k\omega t \quad (3.1)$$

$$Q_i(n) = \overline{Q}_i + \sum_{k=1}^N A_{i,k}^Q \sin k\omega t + \sum_{k=1}^N B_{i,k}^Q \cos k\omega t \quad (3.2)$$

în care:

- N este numărul de armonici luate în considerare
- $\overline{P}_i$  și  $\overline{Q}_i$  sunt valorile medii ale puterilor activă și reactivă pe intervalul T în nodul I
- $A_{i,k}^P, A_{i,k}^Q, B_{i,k}^P, B_{i,k}^Q$  - sunt coeficienții Fourier corespunzători armonicii k, pentru puterile activă și reactivă din nodul I.

Dacă curbele de sarcină se discreditează în NI intervale de lungime egală cu  $\Delta t$ , aceasta din urmă având de exemplu pentru comoditate 1 oră, P și Q devin funcții de numărul intervalului n, adică:

$$P_i(n) = \overline{P}_i + \sum_{k=1}^N A_{i,k}^P \sin \frac{2k\pi n}{NI} + \sum_{k=1}^N B_{i,k}^P \cos \frac{2k\pi n}{NI} \quad (3.3)$$

$$Q_i(n) = \overline{Q}_i + \sum_{k=1}^N A_{i,k}^Q \sin \frac{2k\pi n}{NI} + \sum_{k=1}^N B_{i,k}^Q \cos \frac{2k\pi n}{NI} \quad (3.4)$$

unde coeficienții Fourier corespunzători armonicii k se calculează cu relațiile:

$$A_{i,k}^P = \frac{1}{k\pi} P_i(n) \left[ \cos \frac{2\pi k}{Ni} (n-1) - \cos \frac{2\pi k}{Ni} n \right] \quad (3.5)$$

$$B_{i,k}^P = \frac{1}{k\pi} P_i(n) \left[ \sin \frac{2\pi k}{Ni} (n-1) - \sin \frac{2\pi k}{Ni} n \right] \quad (3.6)$$

și analog  $A_{i,k}^Q, B_{i,k}^Q$ .

Pentru rețelele radiale, pierderile de energie pe un element longitudinal figura3.3, caracterizat prin rezistența R, într-un interval T, pot fi calculate cu expresia:

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} \left[ \sum_{n=1}^{N_i} P^2(n) + \sum_{n=1}^{N_i} Q^2(n) \right] \quad (3.7)$$

$$P(n) = \sum_{j=i}^1 P(n) \quad \text{și} \quad Q(n) = \sum_{j=i}^1 Q(n) \quad (3.8)$$

Conform teoremei lui Parseval, sumele din relația de mai sus se pot determina relațiile:

$$\sum_{n=1}^{N_i} P^2(n) = \left[ \overline{P^2} + \sum_{n=1}^N \left( \frac{A_k^P}{\sqrt{2}} \right)^2 + \sum_{n=1}^N \left( \frac{B_k^P}{\sqrt{2}} \right)^2 \right] \cdot N_i + \varepsilon_p^2 \quad (3.9)$$

$$\sum_{n=1}^{N_i} Q^2(n) = \left[ \overline{Q^2} + \sum_{n=1}^N \left( \frac{A_k^Q}{\sqrt{2}} \right)^2 + \sum_{n=1}^N \left( \frac{B_k^Q}{\sqrt{2}} \right)^2 \right] \cdot N_i + \varepsilon_q^2 \quad (3.10)$$



Fig.3.3 Rețea de distribuție radială. Evidențierea puterilor care circulă pe tronsonul h

În relațiile anterioare,  $\overline{P}$  și  $\overline{Q}$  sunt valorile medii ale sarcinii active, respectiv reactive pe elementul h în intervalul de timp  $T = NI \cdot \Delta t$ ,  $\varepsilon_p^2$  și  $\varepsilon_q^2$  sunt erorile determinate de neglijarea armonicilor de rang  $k > N$ , iar  $A_k^P, B_k^P, A_k^Q, B_k^Q$  sunt coeficienții seriei Fourier, corespunzători graficelor de sarcină a puterilor activă și reactivă ce trece pe tronsonul "h" și se calculează după relațiile:

$$A_k^P = \sum_{j=1}^l A_{j,k}^P; B_k^P = \sum_{j=1}^l B_{j,k}^P; A_k^Q = \sum_{j=1}^l A_{j,k}^Q; B_k^Q = \sum_{j=1}^l B_{j,k}^Q \quad (3.11)$$

Dar relația lui  $\Delta W$  mai poate fi scrisă sub forma:

$$\Delta W = \Delta \overline{P} \cdot T + \sum_{k=1}^N (\Delta P_k' + \Delta P_k'') T + \varepsilon W \quad (3.12)$$

unde:

$$\Delta \overline{P} = \frac{\overline{P^2} + \overline{Q^2}}{U^2} \cdot R; \quad \Delta P_k' = \left[ \left( \frac{A_k^P}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left( \frac{B_k^P}{\sqrt{2}} \right)^2 \right] \cdot \frac{R}{U^2}; \quad \Delta P_k'' = \left[ \left( \frac{A_k^Q}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left( \frac{B_k^Q}{\sqrt{2}} \right)^2 \right] \cdot \frac{R}{U^2} \quad (3.13)$$

Analiza relațiilor de mai sus ne arată că pierderile de energie pot fi calculate numai cu ajutorul valorilor medii ale sarcinilor și coeficienților Fourier corespunzători diferitelor armonici, adică în total  $2N+1$  determinări. Practic se înlocuiește calculul a  $N_i$  regimuri corespunzătoare palierelor din graficele de sarcină cu  $2N+1$  regimuri asociate descompunerii în serie Fourier. Evident, metoda se justifică dacă  $N_i > 2N+1$ . Astfel, dacă  $N_i=24$ ;  $24 > 2N+1$  implică  $N < 11$ .

Folosirea metodei descompunerii graficelor de sarcină în serii Fourier la calculul pierderilor de energie în rețele de distribuție de joasă și medie tensiune asigură reducerea substanțială a numărului de regimuri necesar a fi calculate, implicit a timpului de calcul,

conducând la erori ce nu depășesc 2%. Testele efectuate au arătat că, indiferent de categoria de consum, la descompunerea graficelor de sarcină în serie Fourier numărul optim de armonici este trei. Nu se recomandă considerarea unui număr mai mare de armonici, deoarece eventuala îmbunătățire a preciziei este ne semnificativă în comparație cu creșterea timpului de calcul.

Pentru aplicarea în practică a acestei metode, graficele reale de sarcină din nodurile rețelei analizate pot fi modelate cu ajutorul graficelor tip de sarcină ale consumatorilor la care se asociază numărul redus de informații. Pe această cale, pe lângă reducerea timpului de calcul, se obține și o micșorare semnificativă a numărului de măsurători directe necesar a fi efectuate în rețea.

### 3.2.2. Metoda statistico-probabilistică

Dacă se consideră un element longitudinal al unei rețele trifazate de rezistență  $r$ , parcurs de curentul  $I(t)$  la momentul  $t$ , pe durate  $T$  pierderile de energie sunt [3.11]:

$$\Delta W = 3 \int_0^T I^2 r dt = 3r I_{mp}^2 T \quad (3.14)$$

$I_{mp}$  - fiind curentul mediu pătratic și are expresia:

$$I_{mp} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt} \quad (3.15)$$

Dacă curba de sarcină se discreditează în  $N$  intervale egale, de durată  $\Delta t$ , relația anterioară poate fi scrisă astfel:

$$I_{mp} = \sqrt{\frac{\Delta t}{T} \sum_{k=1}^N I(k)^2} \quad (3.16)$$

Dacă se consideră curentul de sarcină drept o variabilă aleatoare, atunci:

$$I_{mp}^2 = I_m^2 + \sigma_I^2 = I_m^2 \left( 1 + \frac{\sigma_I^2}{I_m^2} \right) = I_m^2 a_m \quad (3.17)$$

unde:  $I_m$  - este valoarea medie a curentului pe durata  $T$ , adică

$$I_m = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt \quad \text{sau} \quad I_m = \frac{\Delta t}{T} \sum_1^N I(k) \quad (3.18)$$

$\sigma_I^2$  - dispersia față de valoarea medie, se calculează cu relația

$$\sigma_I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [I(t) - I_m]^2 dt \quad \text{sau} \quad \sigma_I^2 = \frac{\Delta t}{T} \sum_1^N [I(k) - I_m]^2 \quad (3.19)$$

$a_m$  - coeficientul specific propriu consumatorului, are expresia

$$a_m = 1 + \frac{\sigma_i^2}{I_m^2} = 1 + \frac{1}{N} \sum_1^N \left[ \frac{I(k)}{I_m} - 1 \right]^2 \quad (3.20)$$

Dacă coeficientul  $a_m$  este cunoscut pe categorii de consumatori, din cunoașterea valorii medii a curentului pe durata T se poate determina direct curentul mediu pătratic.

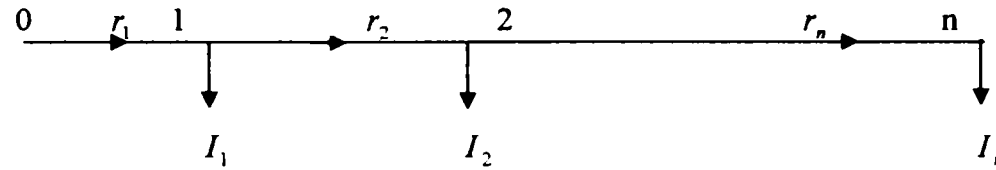


Fig.3.4 Rețea de distribuție radială cu n consumatori

În cazul unei rețele radiale cu n consumatori, curentul mediu pătratic pe tronsonul i are expresia:

$$I_{mp,i}^2 = \sum_{l=i}^n I_{mp,l}^2 + 2 \sum_{l=i,l < j}^n (I_j I_l)_{mp} \quad (3.21)$$

$$I_{mp,i}^2 = \sum_{l=i}^n I_{m,l}^2 \cdot a_{m,l} + 2 \sum_{l=i,l < j}^n I_{mj} I_{ml} a_{mj,l} \quad (3.22)$$

unde:  $I_{mp,l}$  - este curentul mediu pătratic absorbit în nodul l, situat în aval de tronsonul i;

$I_{m,l}$  - este curentul mediu absorbit în nodul l;

$(I_j I_l)_{mp}$  - media pătratică a produsului  $I_j I_l$ ;

$I_{mj}$  - curentul mediu absorbit în nodul j;

$a_{m,l}$  - coeficientul specific consumatorului l

$a_{mj,l}$  - coeficient specific corelației, covariației dintre curenții aleatori  $I_j$  și  $I_l$ , are

expresia

$$a_{mj,l} = 1 + \frac{\sigma_{I_j} \sigma_{I_l} r_{I_j, I_l}}{I_{mj} I_{ml}} \quad (3.23)$$

$r_{I_j, I_l}$  - coeficientul de corelație dintre curenții  $I_j$  și  $I_l$ : se va calcula cu relația:

$$R_{I_j, I_l} = \frac{\left[ \sum_{k=1}^N (I_j(k) - I_{mj})(I_l(k) - I_{ml}) \right]}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (I_j(k) - I_{mj})^2 \cdot \sum_{k=1}^N (I_l(k) - I_{ml})^2}} \quad (3.24)$$

Această relație se simplifică considerabil dacă se consideră valorile curenților raportați la valorile medii.

Cunoscându-se expresiile curenților medii pătratici pe fiecare tronson a rețelei, pierderile de energie se calculează cu relația:

$$\Delta W = 3 \sum_{i=1}^N r_i \cdot T \cdot I_{mp}^2 \quad (3.25)$$

Dacă se dorește să se țină cont de puterile absorbite în nodurile rețelei, relațiile scrise anterior rămân valabile. Astfel considerându-se un element longitudinal al unei rețele trifazate de rezistență  $r$ , care absoarbe putere activă  $P(t)$  și reactivă  $Q(t)$ , la momentul  $t$  pe durata  $T$ , pierderile de energie sunt:

$$\Delta W = 3 \int_0^T I^2 r dt = \frac{r}{U^2} \left[ \int_0^T P^2 dt + \int_0^T Q^2 dt \right] = \frac{r}{U^2} (P_{mp}^2 + Q_{mp}^2) T \quad (3.26)$$

$P_{mp}$  - fiind puterea activă medie pătratică și are expresia

$$P_{mp} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2 dt} \quad (3.27)$$

respectiv  $Q_{mp}$  puterea reactivă medie pătratică:

$$Q_{mp} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T Q^2 dt} \quad (3.28)$$

Dacă curbele de sarcină ale puterilor se discreditează în  $N$  intervale egale de durată  $\Delta t$ , expresiile de mai sus devin:

$$P_{mp} = \sqrt{\frac{\Delta t}{T} \sum_{k=1}^N I^2(k)} \quad (3.29)$$

Deoarece s-au considerat puterile absorbite în nodurile consumatoare ca fiind variabile aleatoare, rezultă:

$$P_{mp}^2 = P_m^2 + \sigma_P^2 = P_m^2 \left( 1 + \frac{\sigma_P^2}{P_m^2} \right) = P_m^2 a_m \quad (3.30)$$

$$Q_{mp}^2 = Q_m^2 + \sigma_Q^2 = Q_m^2 \left( 1 + \frac{\sigma_Q^2}{Q_m^2} \right) = Q_m^2 a_m \quad (3.31)$$

unde:

$P_m, Q_m$  -valoarea medie a puterilor (activă și reactivă) pe durata  $T$ , adică:

$$P_m = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \quad \text{sau} \quad P_m = \frac{\Delta t}{T} \sum_{k=1}^N P(k) \quad (3.32)$$

respectiv

$$Q_m = \frac{1}{T} \int_0^T Q(t) dt \quad \text{sau} \quad Q_m = \frac{\Delta t}{T} \sum_{k=1}^N Q(k) \quad (3.33)$$

$\sigma_P^2, \sigma_Q^2$  -dispersia față de valoarea medie, se calculează cu relația:

$$\sigma_P^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [P(t) - P_m]^2 dt \quad \text{sau} \quad \sigma_P^2 = \frac{\Delta t}{T} \sum_{k=1}^N [P(k) - P_m]^2 \quad (3.34)$$

și

$$\sigma_Q^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [Q(t) - Q_m]^2 dt \quad \text{sau} \quad \sigma_Q^2 = \frac{\Delta t}{T} \sum_{k=1}^N [Q(k) - Q_m]^2 \quad (3.35)$$

$a_m, b_m$  -coeficienții proprii consumatorului, au expresiile:

$$a_m = 1 + \frac{\sigma_P^2}{P_m^2} = 1 + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[ \frac{P(k)}{P_m} - 1 \right]^2 \quad (3.36)$$

$$b_m = 1 + \frac{\sigma_Q^2}{Q_m^2} = 1 + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[ \frac{Q(k)}{Q_m} - 1 \right]^2 \quad (3.37)$$

Dacă se cunosc coeficienții  $a_m, b_m$  pe categorii de consumatori, din cunoașterea valorii medii a puterilor pe durata T, se poate determina direct puterea medie pătratică (activă și reactivă).

În cazul unei rețele radiale cu n consumatori, asemenea figurii următoare, puterile medii pătratice pentru tronsonul i au expresiile:

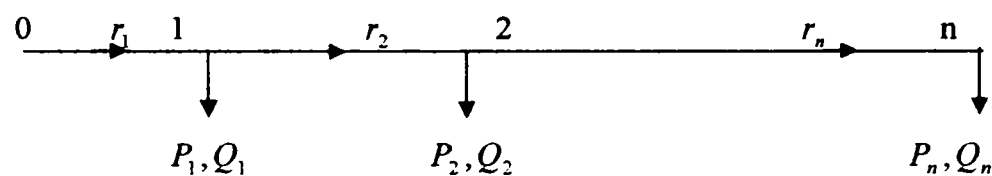


Fig.3.5 Rețea de distribuție radială cu n consumatori

$$P_{mp,i}^2 = \sum_{l=i}^n P_{mp,l}^2 + 2 \sum_{j=i,l>j}^n (P_j P_l)_{mp} \quad (3.38)$$

$$Q_{mp,i}^2 = \sum_{l=i}^n Q_{mp,l}^2 + 2 \sum_{j=i,l>j}^n (Q_j Q_l)_{mp} \quad (3.39)$$

sau

$$P_{mp,i}^2 = \sum_{l=i}^n P_{m,l}^2 \cdot a_{m,l} + 2 \sum_{j=i,l>j}^n P_{mj} P_{m,l} a_{mj,l} \quad (3.40)$$

$$Q_{mp,i}^2 = \sum_{l=i}^n Q_{m,l}^2 \cdot b_{m,l} + 2 \sum_{j=i,l>j}^n Q_{mj} Q_{m,l} a_{mj,l} \quad (3.41)$$

unde:

$P_{mp,l}; Q_{mp,l}$  - puterea medie pătratică (activă și reactivă) absorbită în nodul l, situat în aval de tronsonul i;

$P_{m,l}; Q_{m,l}$  - puterea medie (activă și reactivă) absorbită în nodul l;

$(P_j, P_l)_{mp}; (Q_j, Q_l)_{mp}$  - media pătratică a produsului  $P_j P_l$ , respectiv  $Q_j Q_l$

$P_{mj}; Q_{mj}$  -puterea medie (activă și reactivă) absorbită în nodul j

$a_{m,l}, b_{m,l}$  -coeficienți specifici consumatorului l



$a_{mj,l}, b_{mj,l}$  -coeficienți specifici de corelație corespunzători covariației dintre puterile  $P_j$  și

$P_l$  respectiv  $Q_j$  și  $Q_l$  se calculează cu următoarele două relații:

$$a_{mj,l} = 1 + \frac{\sigma_{P_j} \cdot \sigma_{P_l} \cdot r_{P_j, P_l}}{P_{mj} \cdot P_{ml}} \quad (3.42)$$

$$b_{mj,l} = 1 + \frac{\sigma_{Q_j} \cdot \sigma_{Q_l} \cdot r_{Q_j, Q_l}}{Q_{mj} \cdot Q_{ml}} \quad (3.43)$$

$r_{P_j, P_l}, r_{Q_j, Q_l}$  - coeficientul de corelație între puterile  $P_j, P_l$  respectiv  $Q_j, Q_l$  se calculează cu următoarele două relații:

$$r_{P_j, P_l} = \frac{\left[ \sum_{k=1}^N (P_j(k) - P_{mj})(P_l(k) - P_{ml}) \right]}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (P_j(k) - P_{mj})^2 \cdot \sum_{k=1}^N (P_l(k) - P_{ml})^2}} \quad (3.44)$$

$$r_{Q_j, Q_l} = \frac{\left[ \sum_{k=1}^N (Q_j(k) - Q_{mj})(Q_l(k) - Q_{ml}) \right]}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (Q_j(k) - Q_{mj})^2 \cdot \sum_{k=1}^N (Q_l(k) - Q_{ml})^2}} \quad (3.45)$$

Aceste relații se simplifică considerabil dacă se raportează valorile puterilor la valorile medii. Cunoscându-se expresiile puterilor medii pătratice, pe fiecare tronson al rețelei, pierderile de energie se calculează cu relația:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{U_n^2} (P_{mpi}^2 + Q_{mpi}^2) T \quad (3.46)$$

### 3.3. Metode de reducere a pierderilor de putere și energie [3.1,3.2]

Pentru reducerea pierderilor de energie electrică în rețelele electrice este necesar a se cunoaște:

- nivelul real al pierderilor pe elementele de rețea
- valoarea normală a acestora
- metodele de reducere și determinarea soluțiilor economice pentru reducerea pierderilor

Dintre acestea elementul cel mai important îl reprezintă cunoașterea metodelor de reducere a pierderilor de energie electrică. Pentru acest lucru se consideră un element general de rețea având rezistența  $R$  și conductanța  $G$ . Pentru durata  $T$  de funcționare pierderile de energie activă sunt date de relația:

$$\Delta W = k_{nes} \cdot 3R \int_0^T I^2 dt + G \int_0^T U^2 dt \cong k_{nes} \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2 + D_{\max}^2}{U^2} R\tau + GU^2T \quad (3.47)$$

unde:  $k_{nes}$  - este coeficientul de majorare a pierderilor longitudinale din cauza nesimetriei sarcinii

$D_{max}$  -puterea deformantă corespunzătoare sarcinii maxime

Pentru simplificare s-a admis ca  $P_{max}$  și  $Q_{max}$  sunt simultane.

Din analiza relației (3.47) rezultă metodele de reducere a pierderilor de energie electrică:

- construcția liniilor și transformatoarelor cu rezistență scăzută;
- alegerea rațională a schemelor de funcționare a rețelei, evitând folosirea unui număr mare de trepte de transformare;
- funcționarea în scheme în paralel, folosind atunci când este posibil circuitele de rezervă;
- reducerea puterii reactive prin compensarea parțială sau totală a puterii reactive;
- echilibrarea sarcinilor pe cele trei faze și trecerea porțiunilor mono și bifazate la trifazat;
- eliminarea sau diminuarea regimului deformant;
- reglarea tensiunii în rețelele de distribuție;
- aplatizarea graficului de sarcină;
- optimizarea funcționării în paralel a transformatoarelor;
- debuclarea optimă(cvasioptimă) a rețelelor.

Enumerarea metodelor de reducere a pierderilor de putere și energie în rețelele electrice, evidențiază rolul reconfigurării (debuclări cvasioptime) în reducerea pierderilor de energie.

Rețelele de distribuție de 110kV și de medie tensiune au, în general, o structură buclată. Totuși exploatarea unor astfel de rețele se realizează, de regulă în scheme radiale. Pentru asigurarea siguranței în funcționare și a alimentării continue sunt prevăzute alimentări de rezervă.

Funcționarea în schemă buclată în cazul unei rețele de distribuție cu circuite neomogene, formate din linii de transformare cu diferite tensiuni nominale, pot duce la creșterea pierderilor de putere și energie datorită fluxurilor de puteri de echilibrare. În afară de acestea, funcționarea cu rețeaua buclată necesită investiții suplimentare în aparate de comutație, protecții prin rele, automatizări, etc.

Pentru simplificarea exploatării și de reducere în unele cazuri a pierderilor în rețele, se trece la funcționarea radială a acestor rețele, prin debuclarea în anumite puncte.

Stabilirea punctelor optime(cvasioptime) se face la elaborarea schemei normale de funcționare, cel puțin trimestrial.

### 3.4. Metodă euristică de reconfigurare din considerente de reducere a pierderilor de putere (și energie)

#### Prezentarea problemei

Pentru exemplificare [3.6] se consideră o rețea electrică de distribuție foarte restrânsă cu structura buclată dar care funcționează în schema radială, prezentată în figura 3.6.

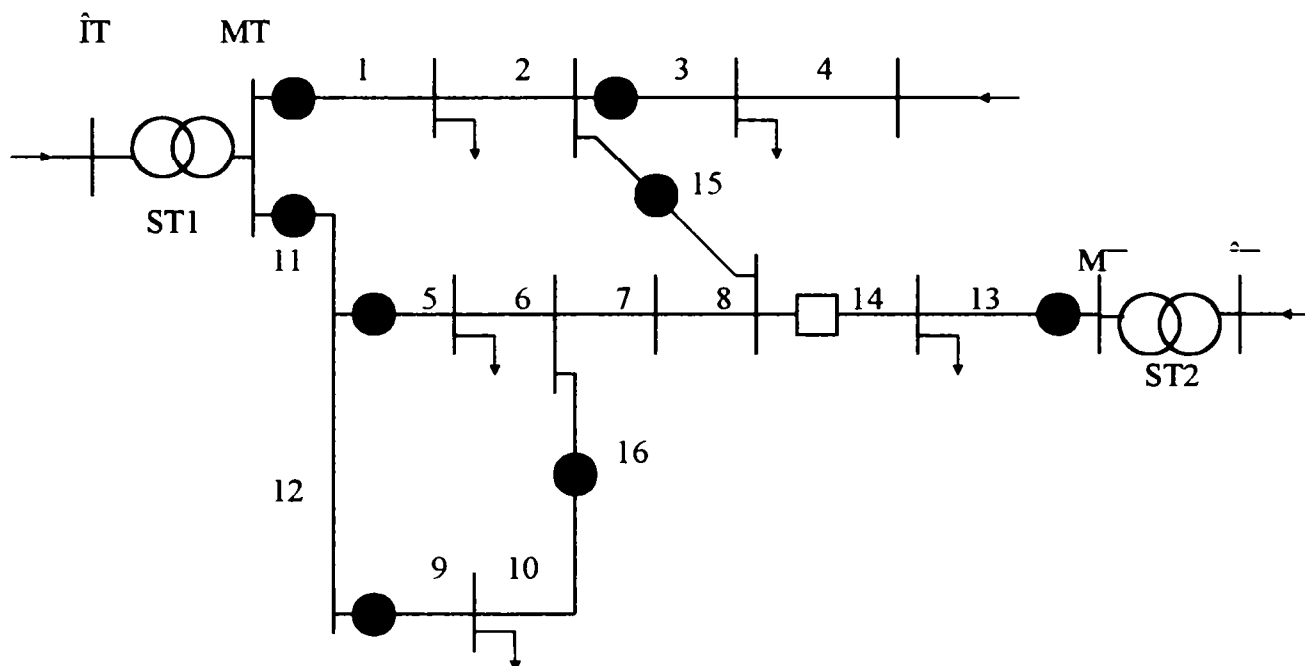


fig.3.6 Rețea de distribuție

- - întreruptor (separator) de secționare închis
- - întreruptor de zonă deschis
- - întreruptor de buclă deschis

Configurația radială a R.E.D. se va obține prin manevrarea (închiderea/deschiderea) aparaturii de comutație separându-se zonele și deschizându-se bucele.

În cazul metodei prezentate în acest capitol se va asocia fiecărui aparat de comutație o linie.

Pentru a exemplifica o operație de comutație cu schimbare de latură se consideră rețeaua de bază care poate fi reconfigurată pentru început prin închiderea laturii deschise 15. Această comutație a creat o buclă care va fi deschisă pentru a reface structura radială a rețelei cu ajutorul întreruptorului de pe latura 5. Operația prezentată se va numi operație de comutație prin schimbare de latură.

În același mod pot fi simulate transferurile de sarcină între două stații. Eventual cele două stații pot fi considerate ca un nod comun.

Algoritmul metodei are ca obiectiv reconfigurarea rețelelor în scopul reducerii pierderilor de putere activă prin transfer de sarcină între fideri sau stații de transformare realizate prin schimbări de latură. Ca restricții intervin și ceilalți factori care condiționează o funcționare bună din punct de vedere tehnic a rețelei: valoarea și forma undei de tensiune, capacitățile de transfer ale sarcinii pentru linii și transformatoare și siguranța în funcționare.

#### *Ecuțiile pentru circulația de puteri*

Atât pentru calculul funcției obiectiv cât și pentru verificarea restricțiilor se va efectua calculul circulației de puteri.

Pentru simplitatea problemei se consideră:

- rețeaua este prezentată printr-o singură fază, regimul considerându-se simetric
- sarcinile sunt reprezentate prin P și Q constante plasate la capătul laturilor

Rețeaua având o funcționare radială se va aplica metoda DistFlow ce descrie circulația de puteri printr-un set de ecuații.

Pentru descrierea metodei se folosește rețeaua radială reprezentată în figura 3.7

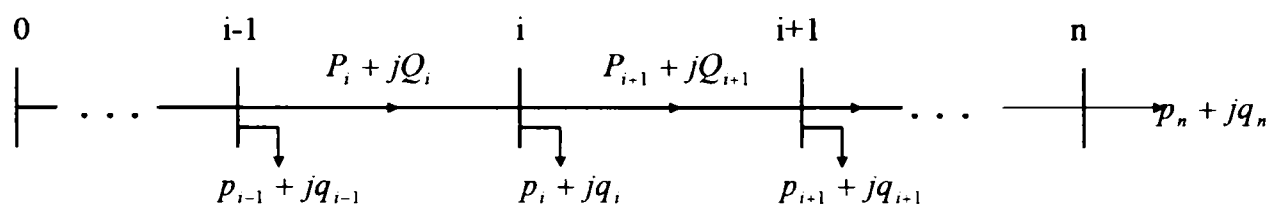


fig.3.7 Schema monofilară a unei rețele radiale

Liniile electrice sunt reprezentate doar prin parametrii lor echivalenți longitudinali  $\underline{z}_i = r_i + jx_i$  iar consumatorii prin puteri constante  $\underline{s}_i = p_i + jq_i$

Cele două forme ale ecuațiilor DistFlow sunt:

1. Forward update - calculul se efectuează în sensul circulației de puteri

Folosind puterea activă și reactivă și tensiunea la începutul unei laturi  $P_i, Q_i, U_i$  se exprimă aceleași mărimi la începutul laturii care urmează, astfel:

$$P_{i+1} = P_i - \Delta P_i - p_i \quad (3.48)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - \Delta Q_i - q_i \quad (3.49)$$

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{i-1}^2} r_i \quad (3.50)$$

$$\Delta Q_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{i-1}^2} x_i, \quad (3.51)$$

$$U_{i+1} = \sqrt{(U_i - \Delta U_{i+1})^2 + \delta U_{i+1}^2} \quad (3.52)$$

$$\Delta U_{i+1} = \frac{P_{i+1} r_{i+1} + Q_{i+1} x_{i+1}}{U_i} \quad (3.53)$$

$$\delta U_{i+1} = \frac{P_{i+1} x_{i+1} - Q_{i+1} r_{i+1}}{U_i} \quad (3.54)$$

$$U_{i+1}^2 = U_i^2 - 2(P_{i+1} r_{i+1} + Q_{i+1} x_{i+1}) + \frac{(r_{i+1}^2 + x_{i+1}^2)(P_{i+1}^2 + Q_{i+1}^2)}{U_i^2} \quad (3.55)$$

Deci dacă se cunosc puterile activă și reactivă în primul nod al rețelei  $P_0, Q_0, U_0$ , în celelalte noduri aceleași mărimi pot fi calculate cu relațiile de mai sus.

## 2. Backward update - calculul se efectuează în sens invers circulației de puteri.

Similar folosind puterea activă și reactivă de la începutul unei laturi se pot determina aceleași mărimi la începutul laturii anterioare.

$$P_{i-1} = P_i + r_i \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{U_i} + p_i \quad (3.56)$$

$$Q_{i-1} = Q_i + x_i \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{U_i} + q_i \quad (3.57)$$

$$P_i' = P_i + p_i \quad (3.58)$$

$$Q_i' = Q_i + q_i \quad (3.59)$$

$$U_{i-1}^2 = U_i^2 + 2(r_i P_i' + x_i Q_i') + (r_i^2 + x_i^2) \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{U_i^2} \quad (3.60)$$

Pornind de la ultimul nod al rețelei în care presupunem cunoscute  $P_n, Q_n, U_n$  se pot determina aceleași mărimi în toate nodurile rețelei cu ajutorul mărimilor prezentate mai sus.

Circulația de puteri exactă se poate determina aplicând succesiv procedurile de calcul enunțate.

### Calculul funcției obiectiv

Funcția obiectiv este definită ca fiind pierderea de putere activă în rețeaua electrică de distribuție, aceasta calculându-se cu relația:

$$\Delta P = \sum_{i=0}^{n-1} r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_i^2} \quad (3.61)$$

### Algoritmul metodei

Rezolvarea problemei de reconfigurare implică găsirea celui mai bun arbore complet între toți arborii compleți posibili, adică acela care minimizează funcția obiectiv și satisface relațiile de restricție impuse. Se poate face acest lucru trecând în revistă toți arborii posibili, dar aceasta necesită un volum foarte mare de calcul nu numai datorită numărului lor dar și pentru că examinarea unui arbore necesită calculul circulației de puteri pentru determinarea funcției obiectiv și verificarea restricțiilor. De aceea este necesară o metodă eficientă de căutare. Metoda folosită este o metodă euristică de soluționare ce folosește schimbarea laturii.

Fiind dat un arbore  $A_0$ , asociem fiecărei laturi deschise a R.E.D. o buclă ca și cum ar fi închisă.

În figură se prezintă o astfel de buclă asociată laturii deschise (b)

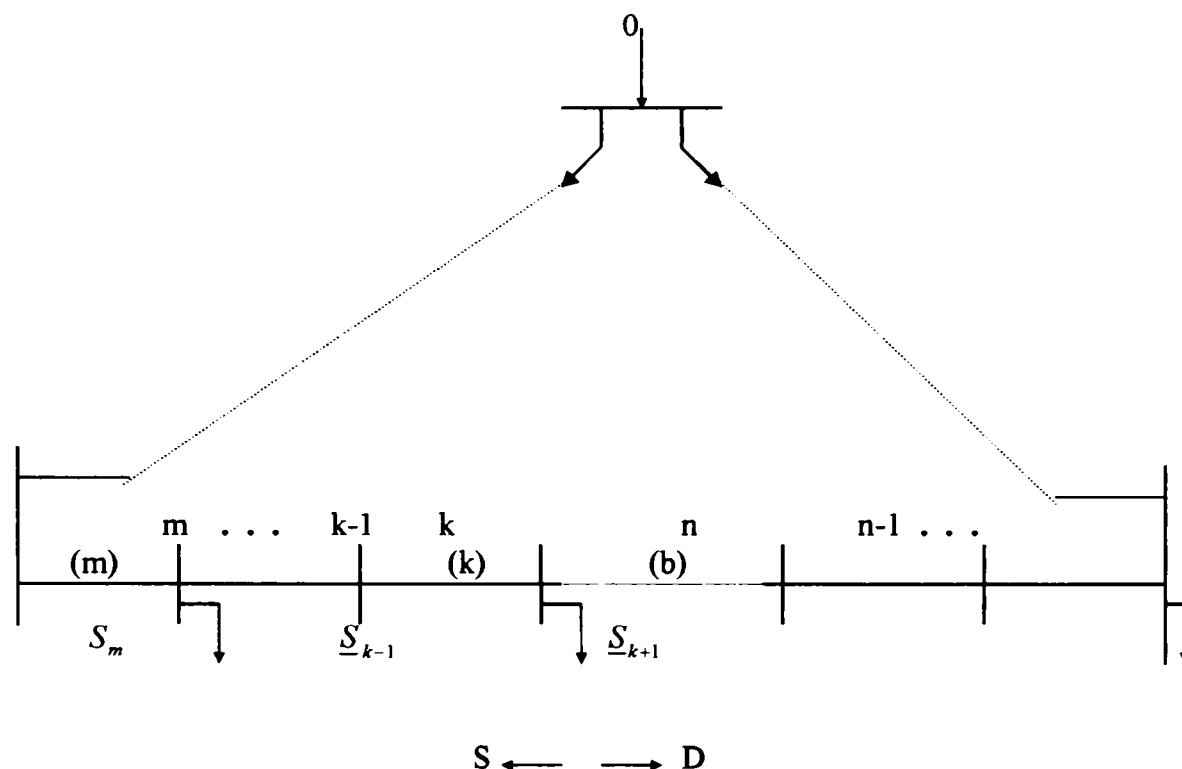


fig.3.8 Rețea buclată

Dacă în bucla asociată laturii (b) se deschide această latură și se închide latura (m) se formează un nou arbore.

Ideea de bază pentru această metodă ce folosește schimbarea laturii este că pornind de la un arbore care nu încalcă restricțiile de exploatare să se creeze din acesta prin schimbări succesive de laturi arbori noi. La fiecare iterație se va alege dintre variantele posibile de schimbare de latură cea mai bună (care îmbunătățește funcția obiectiv fără să încalce restricțiile).

Deci se vor analiza toți arborii “copii”(descendenți) care pot fi creați din arborele complet “părinte” printr-o schimbare de latură.

Metoda prezentată poate fi descrisă printr-un algoritm cu următorii pași:

P1: Pornind de la arborele inițial (părinte)  $A_0$ , se calculează circulația de puteri (pentru determinarea stării rețelei)

P2: Se examinează toți descendenții după cum urmează:

Pentru fiecare latură deschisă (b)

- se găsește un nou arbore candidat A prin:

- identificarea buclei asociate

- alegerea laturii (m) ce urmează a se schimba cu cea deschisă

- pentru arborele candidat A se calculează reducerea pierderilor care o produce

$$\Delta(\Delta P) = \Delta P A_0 - \Delta P A$$

P3: Sortează descendenții din arborele părinte examinat folosind criteriul:

$$D(\Delta P) > 0$$

P4: Găsește arborele  $A^*$  pentru care  $D(\Delta P) = MAX$  și satisface în același timp restricțiile

P5: Dacă există un astfel de arbore atunci se alege  $A^*$  ca fiind  $A_0$  și se merge la P1

Dacă nu procesul de calcul se oprește.

Trebuie făcute câteva comentarii asupra acestei metode de căutare:

1. Această metodă nu examinează toți arborii compleți posibili deci soluția va fi un optim local

2. Eficiența algoritmului prezentat depinde de doi factori și anume:

- Alegerea laturii (m) ce trebuie deschisă, va afecta numărul de căutări.

- Calculul funcției obiectiv și verificarea relațiilor de restricție va necesita o recalculare a circulației de puteri pentru fiecare interschimbare de latură. Este preferabilă estimarea rapidă a circulației de puteri, efectuând calculul doar o dată pentru fiecare nivel (iterație).

Metode de aproximare a circulației de puteri

### 1. Metoda Distflow simplificată

Pentru a eficientiza algoritmul de reconfigurare prezentat în paragraful anterior, la calculul circulației de puteri ce se face atât pentru selecția laturii care urmează a fi deschisă cât și pentru calculul F.O.B. se pot folosi metode de aproximare.

O metodă bazată pe metoda DistFlow se prezintă în continuare pornind de la setul de ecuații DistFlow forward update și neglijând pierderile de putere activă și reactivă pe laturi care sunt mult mai mici decât puterile pe laturi. Rezultă astfel un nou set de ecuații pentru circulația de puteri, de forma:

$$P_{i+1} = P_i - p_i \quad (3.62)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - q_i \quad (3.63)$$

$$U_{i+1}^2 = U_i^2 - 2(P_{i+1}r_{i+1} + Q_{i+1}x_{i+1}) \quad (3.64)$$

Pentru o rețea radială, soluțiile ecuațiilor circulației de puteri sunt de forma:

$$P_{i+1} = \sum_{k=i+1}^n p_k \quad (3.65)$$

$$Q_{i+1} = \sum_{k=i+1}^n q_k \quad (3.66)$$

$$U_{i+1}^2 = U_i^2 - 2(P_{i+1}r_{i+1} + Q_{i+1}x_{i+1}) \quad (3.67)$$

Pierderea de putere activă pe o latură poate fi scrisă simplificat în unități raportate.

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{i-1}^2} r_i = (P_i^2 + Q_i^2) r_i \quad [\text{u.r.}] \quad (3.68)$$

$$U_{i-1}^2 = 1 \quad \text{u.r.} \quad (3.69)$$

Pierderile totale de putere activă în rețea F.O.B. fiind:

$$\Delta P = \sum_{j=1}^n (P_j^2 + Q_j^2) r_j \quad [\text{u.r.}] \quad (3.70)$$

Estimarea reducerii pierderilor de putere datorită unei schimbări de latură

Considerăm interschimbarea din exemplu anterior (între laturile b-inițial deschisă și m-inițial închisă). Folosind ecuațiile simplificate de mai sus, circulația de puteri se va modifica doar în laturile ce constituie bucla.

Se notează setul de laturi ale buclei cuprinse între nodurile (0,...,k-1,k) ca aparținând setului S (din partea stângă) iar cele cuprinse între nodurile (0,...,n-1,n,k) ca aparținând setului D (din partea dreaptă).

Se notează cu:

-  $P_m, Q_m$  : puterile active și reactive ce parcurg latura (m) înainte de schimbarea laturii

-  $P_i, Q_i$  : puterile active și reactive inițiale

Circulația de puteri pe laturile buclei se modifică în modul următor:

$$P_i' = P_i - P_m \quad Q_i' = Q_i - Q_m \quad \text{pentru } i \in S \quad (3.71)$$

$$P_i' = P_i + P_m \quad Q_i' = Q_i + Q_m \quad \text{pentru } i \in D \quad (3.72)$$

Pierderile de putere activă pe ramurile S și D înainte de schimbarea laturii sunt:

$$\Delta P_S = \sum_{i \in S} (P_i^2 + Q_i^2) r_i \quad (3.73)$$

$$\Delta P_D = \sum_{i \in D} (P_i^2 + Q_i^2) r_i \quad (3.74)$$



iar după schimbarea laturii devin:

$$\Delta P'_S = \sum_{i \in S} (P_i'^2 + Q_i'^2) r_i \quad (3.75)$$

$$\Delta P'_D = \sum_{i \in D} (P_i'^2 + Q_i'^2) r_i \quad (3.76)$$

Deci reducerea pierderilor de putere activă datorită schimbării laturilor b-m este:

$$\begin{aligned} D(\Delta P) &= (\Delta P_S - \Delta P'_S) + (\Delta P_D - \Delta P'_D) = \\ &= 2P_m \left( \sum_{i \in S} P_i r_i - \sum_{i \in D} P_i r_i \right) + 2Q_m \left( \sum_{i \in S} Q_i r_i - \sum_{i \in D} Q_i r_i \right) - (P_m^2 + Q_m^2) \sum_{i \in (S \cup D)} r_i \end{aligned} \quad (3.77)$$

Ecuția de mai sus este funcție pătratică de  $P_m, Q_m$

Notând cu :

$$\sum_{i \in S} P_i r_i - \sum_{i \in D} P_i r_i = a \quad (3.78)$$

$$\sum_{i \in S} Q_i r_i - \sum_{i \in D} Q_i r_i = b \quad (3.79)$$

$$\sum_{i \in S \cup D} r_i = c \quad (3.80)$$

$$\Rightarrow D(\Delta P) = 2aP_m + 2bQ_m - c(P_m^2 + Q_m^2) \quad (3.81)$$

sau

$$D(\Delta P) = 2\frac{a}{c}P_m + 2\frac{b}{c}Q_m - (P_m^2 + Q_m^2) \quad (3.82)$$

unde a,b,c sunt independente de latura m considerată și pot fi calculați folosind doar circulația inițială de puteri.

Dacă se presupune  $P_m, Q_m$  variabile continue atunci ecuația  $D(\Delta P) = 0$  este un cerc ce trece prin originea unui sistem de coordonate Q -P.

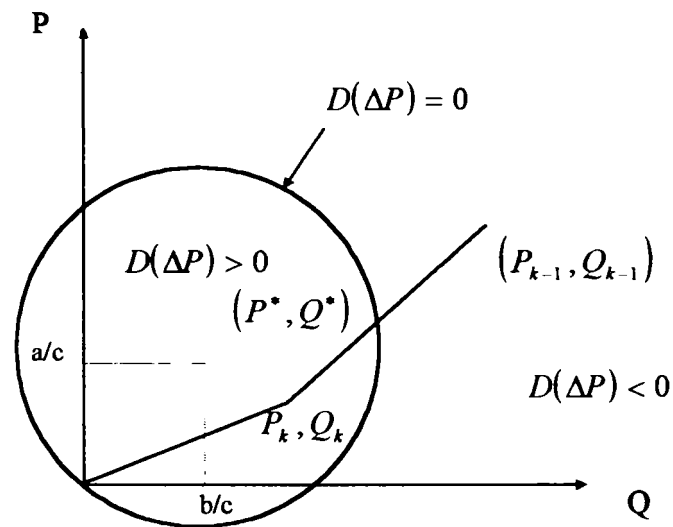


fig.3.8 Reducerea pierderilor în funcție de transferul de putere-locul geometric corespunzător

Cercul divide planul Q-P în două zone :

1. Pentru orice punct aparținând interiorului arcului  $D(\Delta P) > 0$  reducerea pierderilor este pozitivă-adică pierderile se micșorează.
2. Pentru orice punct din afara cercului  $D(\Delta P) < 0$  - reducerea pierderilor este negativă - adică pierderile cresc prin schimbarea laturii.

Această observație poate fi folosită pentru evitarea testării tuturor variantelor de schimbare ale laturilor dintr - o buclă și deci micșorarea volumului de calcul.

Pentru generalizare considerăm schimbarea laturilor b -k.

Puterea transferată corespunzătoare schimbării de latură este  $S_k = P_k + jQ_k$  și vom considera că punctul de coordonate  $(P_k, Q_k)$  este în interiorul cercului din planul (Q,P). Atunci punctele corespunzătoare altor interschimbări de laturi de exemplu  $(P_{k-1}, Q_{k-1})$  se vor afla mai departe de punctul de origine decât  $(P_k, Q_k)$  deoarece  $P_{k-1} > P_k$  și  $Q_{k-1} > Q_k$ .

Prin urmare avem următoarele cazuri:

- a) Dacă  $D(\Delta P)_{b-k} < 0$  atunci  $D(\Delta P)_{b-i} < 0 \quad \forall i \in S$  și deci nu există nici o latură în S care să poată candida pentru o interschimbare.
- b) Dacă  $D(\Delta P)_{b-k} > 0$  atunci există cel puțin o latură în S care, prin schimbarea cu latura deschisă a buclei poate conduce la micșorarea pierderilor de putere activă. Pentru determinarea schimbării de latură cea mai bună, se vor verifica începând cu latura k, toate laturile înapoi în S până când  $D(\Delta P) = MAX$ .

## 2. Reactualizare Dist Flow înainte și înapoi

Această metodă face uz de reactualizarea înspre înainte și înapoi Dist Flow introduse, pentru reactualizarea circulației de puteri la schimbarea unei laturi.

Pentru schimbarea nominală de latură b -k metoda cuprinde următorii pași:

### 1. Reactualizarea înspre înapoi

Reactualizarea circulației de puteri în lungul buclei prin reactualizarea înspre înapoi începe de la nodurile k și n ale buclei scoțând în evidență puterea și tensiunea reactualizată separat.

Se reactualizează puterile prin:

$$P'_i, Q'_i \quad i = k, \dots, 0k \quad ; \quad P'_i, Q'_i \quad i = n, \dots, 0n$$

și reactualizarea tensiunii în nodul comun prin

$$U'_{0n}, U'_{0k}$$

### 2. Reactualizarea înspre înainte

Se compară diferențele de tensiune la nodul 0 (diferența între  $U_0$  și  $U'_{0n}, U'_{0k}$ ). Dacă diferența tensiunii este prea mare (mai mare decât o valoare prestabilită  $e_{max}$ ) se pleacă printr-o reactualizare înspre înapoi pentru a reduce eroarea (de data aceasta se pleacă de la nodul comun 0 și folosind  $U_0, P'_{0n}, P'_{0k}$  ca inițiale, valori date și aplicând reactualizarea înspre înainte).

Fie puterile reactualizate:

$$P''_i, Q''_i \quad i = 0k+1, \dots, k; \quad P''_i, Q''_i \quad i = 0n+1, \dots, n$$

3. Corectează puterea estimată în nodul comun.

Se folosește diferența între datele reactualizate  $P'_k, P'_n$  și  $P''_k, P''_n$  ca puteri în dezacord și valorile corecte  $P'_{0n}, P'_{0k}$  adunând acestora valorile în dezacord.

$$P''_{0k} = P'_{0k} + (P'_k - P''_k) \quad (3.83)$$

$$P''_{0n} = P'_{0n} + (P'_n - P''_n) \quad (3.84)$$

Calculul reducerii pierderilor de putere

Pentru estimarea pierderilor de putere considerăm:

$$P_{0k} - P''_{0k} \cong \Delta P_k + \Delta LP_L \quad (3.85)$$

$$P_{0n} - P''_{0n} \cong -\Delta P_k + \Delta LP_R \quad (3.86)$$

unde  $\Delta LP_R, \Delta LP_L$  reprezintă reducerile de pierderi de putere pe partea D respectiv S a buclei. De aceea reducerea totală a pierderilor de putere poate fi aproximată prin:

$$\Delta LP = \Delta LP_L + \Delta LP_R = (P_{0k} - P''_{0k}) + (P_{0n} - P''_{0n}) \quad (3.87)$$

### 3.5. Reconfigurarea rețelelor de distribuție din considerente de reducere a pierderilor de energie

Reducerea pierderilor de energie în rețelele de distribuție trebuie neaparat pusă în concordanță cu curbele de sarcină ale consumatorilor. Din acest motiv în cele ce urmează se vor face câteva referiri la aceste aspecte.

#### 3.5.1. Curbe de sarcină. Probleme generale.

Curbele de sarcină (graficele de sarcină) sunt curbele care indică modificarea în timp a sarcinii electrice a unui consumator (curbă individuală) sau a unui grup de consumatori (curbe de grup)[3.7].

Curba de sarcină a unui consumator este o reprezentare grafică a evoluției sarcinii în funcție de timp și este caracterizată de anumiți indicatori adimensionali, care reproduc regimul

de funcționare în timp a consumatorilor. Acest grafic de sarcină este o caracteristică pentru fiecare consumator.

Pe un anumit interval de timp, din curbele de sarcină, se poate observa că fiecare consumator, prezintă un consum maxim de putere, care apare o singură dată în intervalul ales, pentru o anumită zi și o anumită oră, sau se poate repeta, cu aceeași valoare, de mai multe ori în timpul perioadei considerate. Vârful de sarcină este o mărime importantă pentru dimensionarea instalațiilor de alimentare cu energie electrică a unui consumator.

Sarcina electrică reprezintă puterea activă, reactivă sau aparentă debitată de un sistem tehnic, generator, transmițător sau transformator de energie.

Caracteristicile graficelor de sarcină sunt: puterile instalate, puterile medii, puterile medii pătratice, sarcinile maxime, etc. și ele trebuiesc implementate în nodurile rețelei electrice. Obișnuit nu se lucrează cu orice fel de curbe de sarcină, ci cu curbe de sarcină tip. Acestea sunt informația primară cu care se pot modela graficele din nodurile rețelelor electrice de distribuție dacă se dispune de : necesarul de energie electrică din nod, pe o perioadă; sarcina activă din nod, măsurată la o oră oarecare din zi.

Studiile de analiză statistică a măsurătorilor de curbe de sarcină au permis evidențierea anumitor constante în forma curbelor de sarcină. Concluzia rezultată din studii a fost considerarea curbei de sarcină a unui consumator ca un ansamblu de două caracteristici distincte și poate complementare:

- caracteristica de formă care reflectă modularea relativă a puterilor consumate
- caracteristica de nivel care ține seama de cantitatea de energie electrică consumată într-un interval de timp  $(t_1, t_2)$ .

Sortarea curbelor tip de sarcină se face după coeficientul de variație ( $k_v$ ) și după coeficienții de corelație  $r_F$ .

- Coeficientul de variație  $k_v$  se definește ca raportul dintre valoarea dispersiei sau abaterii standard, de la valoarea medie, iar în cazul puterilor active, avem:

$$k_v(P) = \frac{\sigma(P)}{\bar{P}} \quad (3.88)$$

- Coeficientul de corelație dintre sarcinile active,  $P_1$  și  $P_2$  a două grafice se determină cu relația:

$$r_F(P_1, P_2) = \frac{(\overline{P_1 P_2}) - (\bar{P}_1 - \bar{P}_2)}{\sigma(P_1)\sigma(P_2)} \quad (3.89)$$

*Estimarea curbei de sarcină a unui consumator de medie tensiune pe baza graficelor tip*

Încadrarea unui consumator de un anumit tip într-o curbă de sarcină nu permite decât să se obțină estimarea graficului său, rămânând apoi să se stabilească curba sa de sarcină în puteri.

Puterea estimată la momentul  $t$  se scrie:

$$P(t) = \alpha_k(t) Y_k \overline{P_M} \quad (3.90)$$

unde:  $P(t)$ - puterea estimată la momentul  $t$

$\alpha_k(t)$  -valoarea luată din graficul tip de sarcină, la momentul  $t$ , corespunzătoare unei clase  $k$  de apartenență a unui consumator.

$Y_k$  -coeficientul  $Y$  pentru clasa  $k$

Valoarea aproximativă a puterii consumate pentru fiecare oră "j" de către consumatorul ( $P_j^*$ ) (puterea raportată la consumul mediu zilnic) este dată de relația:

$$P_j^* = \frac{(k_{0,j} + k_{1,j} \delta_1 + k_{2,j} \delta_2) 24}{\sum_{j=1}^{24} (k_{0,j} + k_{1,j} \delta_1 + k_{2,j} \delta_2)} \quad (3.91)$$

unde:  $k_{0,j}, k_{1,j}, k_{2,j}$  -coeficienții de regresie care se determină prin preluarea datelor statistice

$\delta_1, \delta_2$  -rapoartele dintre consumul de energie electrică din schimburile 1 și 3 și respectiv, consumul din schimbul 2.

### **3.5.2. Considerarea curbelor de sarcină ale consumatorilor în probleme de reconfigurare.**

#### **Aplicație[3.8]**

Una din particularitățile sistemelor electrice constă în faptul că producerea, transportul și consumul energiei electrice are loc aproape simultan.

Graficele de sarcină (curbele de sarcină) ale consumatorilor sunt în același timp graficele de sarcină ale sistemului, dacă se face abstracție de pierderile de putere în elementele rețelei. Caracteristicile graficelor de sarcină ale consumatorilor determină în bună măsură indicii tehnico-economici ai sistemului electric.

Consumul de energie electrică se studiază cu ajutorul graficelor de sarcină electrică, traseele pentru anumite intervale de timp: 1 zi, 1 săptămână, 1 lună, 1 an sau vară și iarnă.

Pentru proiectarea și exploatarea sistemului electric în ansamblu se însumează graficele tuturor consumatorilor, obținându-se astfel graficul de sarcină al sistemului electric[3.19]. Dacă se însumează și pierderile de putere în rețea, atunci graficul de sarcină este graficul puterii debitate din toate centralele sistemului electric.

Cu ajutorul algoritmului metodei de reconfigurare prin "schimbare de latura" prezentată în subcapitolul 3.4 s-a elaborat un program în limbaj Turbo Pascal .

Pentru validarea metodei se consideră o porțiune de schemă redusă succesiv (conform anexei 3) a rețelei de distribuție urbane de 10kv aparținând S.D. Baia Mare ce conține 52 de noduri. În tabelele 1,2 sunt prezentați parametrii echivalenți longitudinali ai laturilor și puterile active și reactive ai consumatorilor iar în fig. 3.9 se prezintă topologia rețelei. Cu ajutorul contoarelor de tip Alpha s-au ridicat curbele de sarcină medii zilnice ale consumatorilor fig.3.10 și 3.11 de tip: edilitar, magazine, rezidențiali și cartier de locuințe.

Programul elaborat cuprinde următoarele proceduri esențiale:

- procedura Init de inițializare a datelor prin care se inițializează parametrii rețelei și numărul de debruclări;
- procedura Discheta prin care se salvează datele introduse și se poate introduce în program o bază de date existentă pe dischetă;
- procedura Optim ce caută și realizează o configurație optimă a rețelei din punct de vedere a pierderilor minime de putere activă;
- procedura Completa calculează cu ajutorul formulelor Dist Flow nesimplificate circulația de puteri, tensiunile în noduri și pierderile de putere activă ale rețelei;

Programul are o interfață plăcută cu operatorul pe monitor apărând următoarele mesaje:

1. Inițializarea datelor: aferent procedurii Init
2. Vizualizarea și actualizarea datelor: aferent procedurii Discheta
3. Optimizarea debruclărilor: aferent procedurii Optim
4. Circulația completă de puteri: aferent procedurii Completa
5. Oprirea programului

În cadrul lucrării s-a dorit urmărirea mai multor aspecte legate de reconfigurare.

Considerarea consumatorilor prin:

- sarcină activă și reactivă maximă,
- sarcină activă și reactivă medie,
- curbele medii zilnice de calcul.

1. Se iau în considerare Pcons și Qcons maxime

Debruclările inițiale sunt: (50-1),(49-8),(49-14),(49-20),(49-28),(37-38),(52-42) după prima iterație pierderile rețelei sunt: 19,571 kW

Iterația 2: se înlocuiește latura deschisă (20-49) cu (23-24) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 16,2255kW

Iterația 3: se înlocuiește latura deschisă (42-52) cu (43-44) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 11,8153kW

Iterația 4: se înlocuiește latura deschisă (14-49) cu (15-16) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 11,5541kW

Iterația 5: se înlocuiește latura deschisă (8-49) cu (11-12) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 10,3446kW

Iterația 6: se înlocuiește latura deschisă (1-50) cu (3-4) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 9,5472kW

Iterația 7: se înlocuiește latura deschisă (28-49) cu (30-31) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 8,8642kW

Iterația 8: se înlocuiește latura deschisă (37-38) cu (36-37) și se obține o pierdere de putere a rețelei de: 8,8387kW

Pierderile exacte ale rețelei: 8,8608 kW

## 2. Se iau în considerare Pcons și Qcons medii

Se obține aceeași configurație optimă ca și în cazul anterior:

(3-4), (11-12), (15-16), (23-24), (30-31), (36-37), (43-44)

pierderile rețelei fiind de 4,5088 kW.

3. Dacă se ține cont de graficele de sarcină ale consumatorilor avem diferite situații de debrucări optime pe paliere.

Perioada	debrucări optime							DW	DW	D
								opt	zi	(DW)
								zi		
0 - 4 h	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44	0.19 [%]	0.21 [%]	0.02 [%]
4 - 8 h	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	36-37	42-43			
8 - 12 h	3-4	11-12	14-15	23-24	30-31	36-37	42-43			
12 - 16 h	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-38	43-44			
16 - 20 h	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44			
20 - 24 h	3-4	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44			

DWoptzi - pierderile de energie obținute folosind o reconfigurare periodică în timpul unei zile  
 DWzi - pierderile de energie obținute folosind o singură reconfigurare în timpul unei zile cu ajutorul puterilor medii

D(DW) - reducerea de pierderi

Obținându-se o pierdere de energie zilnică:

DWopt=195,244kwh ce reprezintă 0.19% din energia absorbită.

Funcționând cu o singură schemă în timpul unei zile se obține o pierdere de energie DW=212,108kwh ce reprezintă 0.21% din energia absorbită.

Reducerea de pierderi dintre cele două variante este: D(DW)=16,864 kwh ce reprezintă 0,02% din energia absorbită.

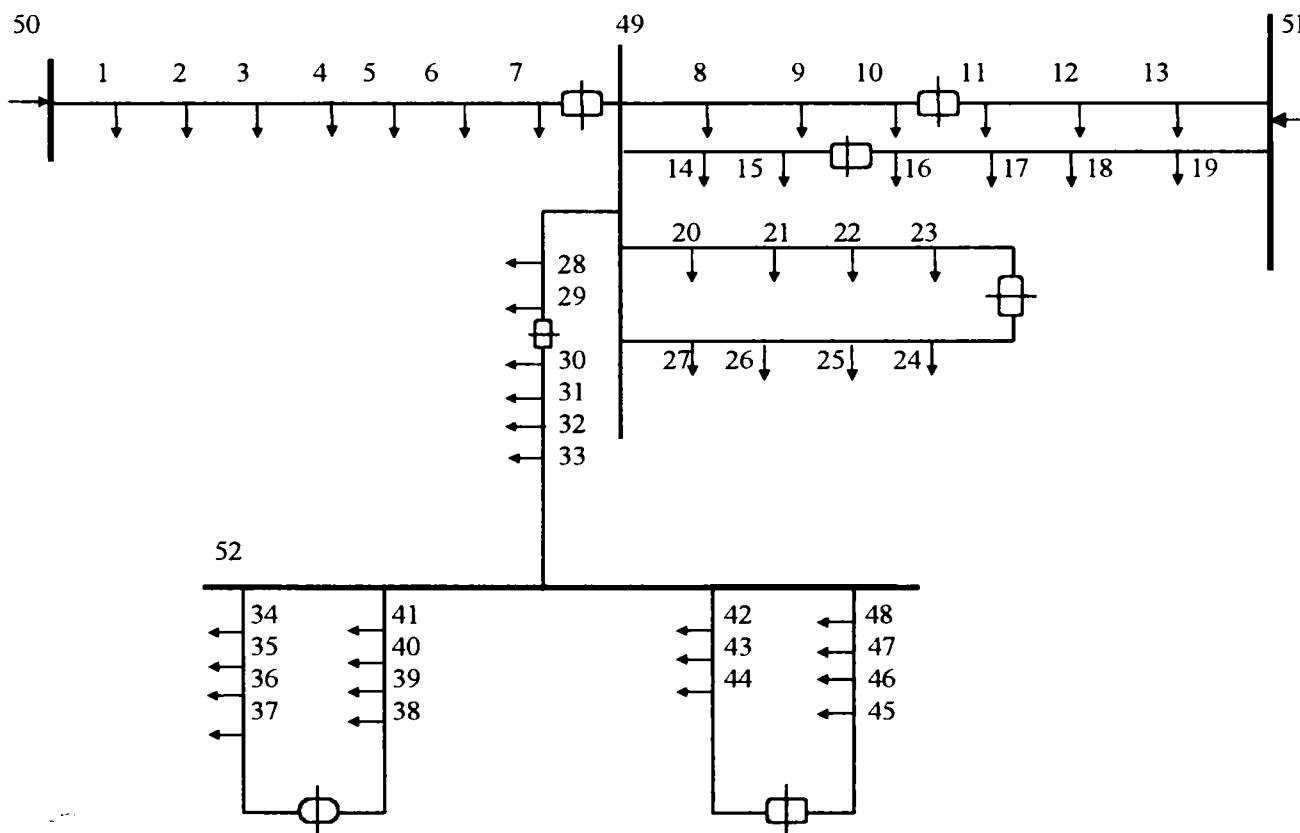


Fig. 3.9. Configurația simplificată a R.E.D.



Tabelul 1. Parametrii echivalenți longitudinali ai laturilor.

Latura	R[ $\Omega$ ]	X[ $\Omega$ ]	Latura	R[ $\Omega$ ]	X[ $\Omega$ ]	Latura	R[ $\Omega$ ]	X[ $\Omega$ ]
50-1	0.325	0.12	17-18	0.127	0.046	52-34	0.312	0.115
1-2	0.062	0.022	18-19	0.18	0.066	34-35	0.064	0.019
2-3	0.056	0.02	19-51	0.32	0.118	35-36	0.124	0.038
3-4	0.044	0.017	49-20	0.362	0.133	36-37	0.064	0.019
4-5	0.058	0.021	20-21	0.077	0.028	37-38	0.055	0.017
5-6	0.07	0.028	21-22	0.072	0.026	38-39	0.058	0.018
6-7	0.1	0.036	22-23	0.125	0.046	39-40	0.071	0.021
7-49	0.175	0.064	23-24	0.063	0.023	40-41	0.078	0.024
49-8	0.121	0.086	24-25	0.057	0.021	41-52	0.343	0.106
8-9	0.17	0.06	25-26	0.924	0.021	52-42	0.41	0.127
9-10	0.054	0.038	26-27	0.102	0.037	42-43	0.109	0.033
10-11	0.039	0.276	27-49	0.24	0.087	43-44	0.107	0.033
11-12	0.134	0.096	49-28	0.3	0.11	44-45	0.064	0.02
12-13	0.175	0.064	28-29	0.089	0.032	45-46	0.061	0.019
13-51	0.35	0.128	29-30	0.064	0.023	46-47	0.036	0.011
49-14	0.337	0.124	30-31	0.074	0.027	47-48	0.076	0.023
14-15	0.077	0.028	31-32	0.091	0.033	48-52	0.205	0.063
15-16	0.055	0.02	32-33	0.053	0.019			
16-17	0.064	0.023	33-52	0.28	0.103			

Tabelul 2. Sarcinile consumatorilor.

Nod	P [kW]	Q [kvar]	Nod	P [kW]	Q [kvar]	Nod	P [kW]	Q [kvar]
1 C	74	46	17 C	47	28	33 C	61	37
2 C	68	40	18 C	40	24	34 E	348	258
3 M	109	111	19 C	51	31	35 M	110	112
4 C	80	48	20 C	41	26	36 R	69	41
5 R	90	56	21 R	67	41	37 R	90	56
6 C	82	52	22 M	152	156	38 C	92	54
7 C	47	28	23 C	59	36	39 E	167	125
8 R	82	50	24 C	46	27	40 C	51	31
9 C	66	40	25 C	59	36	41 C	80	48
10 C	68	42	26 C	79	49	42 E	316	236
11 C	94	56	27 C	37	23	43 R	120	74
12 C	86	54	28 C	56	34	44 C	93	57
13 R	69	41	29 C	88	54	45 C	64	38
14 E	299	224	30 M	128	130	46 C	97	60
15 M	72	74	31 C	50	30	47 M	112	114
16 C	67	41	32 C	76	46	48 R	74	46

Fig.3.10 Puterea activă funcție de timp

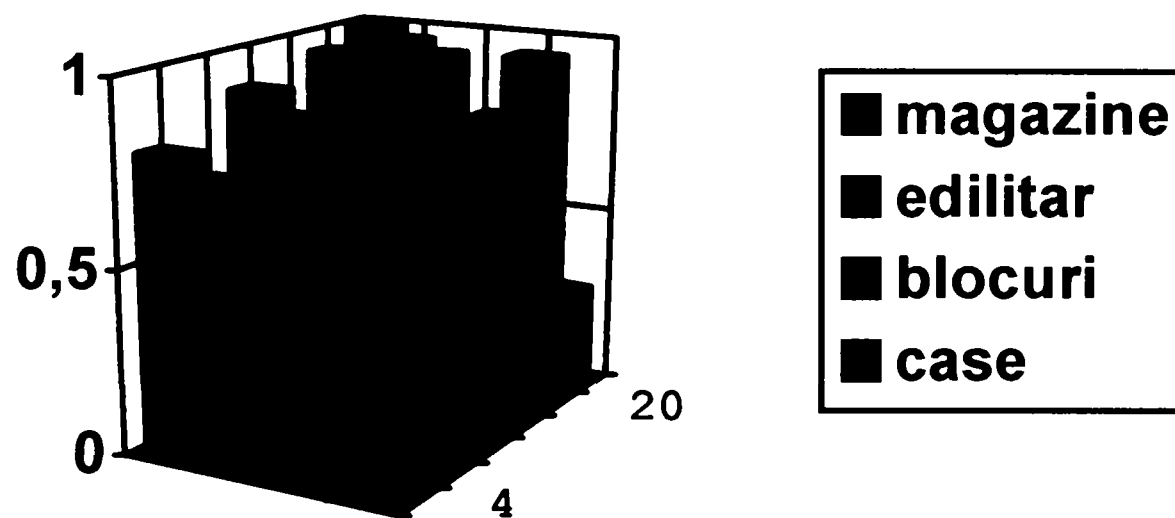
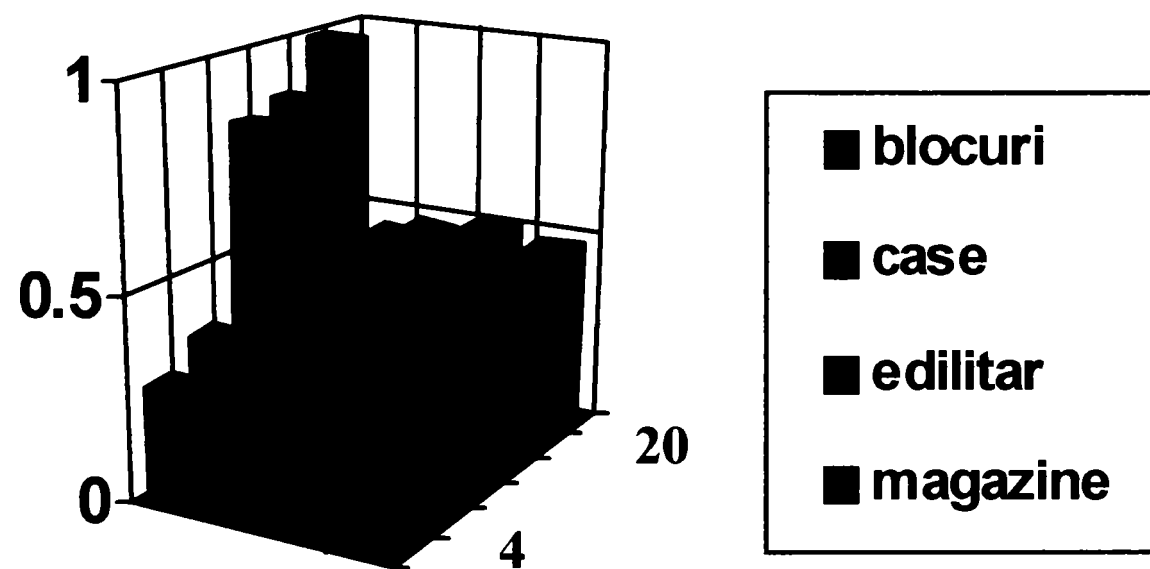


Fig. 3.11 Puterea reactivă funcție de timp



### **În urma analizării rezultatelor obținute se pot face următoarele observații:**

1. La primul nivel de căutare reducerea pierderilor de putere este mare, indiferent de modul de considerare a consumatorilor (puteri medii, maxime sau curbe de sarcină)
2. Considerarea sarcinilor medii a dus la aceeași configurație cvasioptimă ca și în cazul considerării sarcinilor maxime.
3. Considerarea curbelor medii zilnice de calcul pe tipuri de consumatori aduce modificări în ceea ce privește locul de buclărilor față de considerarea consumatorilor cu puteri medii sau maxime.
4. Luând în considerare curbele de sarcină ale consumatorilor pe paliere orare se obține o pierdere de energie de 0,19% din energia absorbită, iar pierderile de energie folosind reprezentarea consumatorilor prin sarcini medii este de 0,21%. Pierderea de energie în cazul reprezentării consumatorilor prin sarcini maxime este de 0,25% din energia absorbită.
5. Introducerea curbelor de sarcină duce la reprezentarea mai fidelă a consumului de putere activă și reactivă și la o reconfigurare mai judicioasă. Debuclarea pe paliere orare se justifică mai ales în cazul consumatorilor care își schimbă brusc, des și neregulat consumul de energie.

### **3.6. Folosirea mulțimilor fuzzy pentru reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție**

#### **3.6.1. Mulțimi fuzzy**

Logica fuzzy constituie o formă de reprezentare și operare cu setul de cunoștințe vagi. Ea face parte din domeniul inteligenței artificiale și a fost dezvoltată ca o extensie a logicii bivalente. Proporțiile și raționamentele în logica fuzzy nu sunt considerate în totalitate adevărate sau false[30].

Mulțimile fuzzy și logica fuzzy sunt definite în 1965, de către profesorul Lotfi Zadeh, ca instrumente pentru lucrul cu instrucțiuni non-probabilistice legate de structura unei mulțimi de obiecte. În prezent, logica fuzzy este considerată una din cele mai importante teorii ale secolului, iar Lotfi Zadeh a primit în 1995, medalia de onoare acordată de IEEE[3.14].

Logica fuzzy formalizează un mod de operare cu elemente care au un grad de nedeterminare. Propozițiile și raționamentele în tehnica fuzzy nu sunt considerate ca fiind în totalitate false sau adevărate. Valoarea de adevăr a aserțiunilor nu mai este 0 sau 1, ci aparține intervalului  $[0,1]$  potrivit unor funcții de apartenență. Acest mod de gândire este caracteristic pentru om, care nu utilizează simboluri discrete și numere, ci reprezentări calitative și termeni lingvistici.

Atunci când se are în vedere planificarea rețelelor electrice de distribuție, o parte din datele folosite în calcule sunt mai mult sau mai puțin incerte, încărcările sunt funcție de timp și nu este posibil a prezice o valoare exactă pentru vârful de sarcină dintr-un anumit an, existând posibilitatea unor erori în date pentru o rețea electrică existentă.

Până în prezent, în planificarea rețelelor electrice de distribuție, au fost folosite tehnici de calcul deterministe. Tehnica fuzzy care a fost prezentată de către profesorul Zadeh este o cale alternativă de lucru cu date incerte sau inexacte.

Utilizarea tehnicilor fuzzy presupune trecerea de la conceptul “ probabilitate” la conceptul de posibilitate în gestionarea informațiilor incerte și inexacte.

Utilizarea teoriei fuzzy, “a posibilității”, deschide largi perspective în probleme de reglarea tensiunii în rețelele electrice de distribuție, datorită modelării mai bune a informațiilor de care se dispune.

Considerăm o mulțime de numere reale  $E$ . Se știe că pentru mulțimile ordinare se definește funcția caracteristică atașată elementelor mulțimii ca:

$$\forall x \in E : \mu(x) \in \{0,1\}$$

Există câteva posibilități de reprezentare a datelor de intrare incerte ca numere fuzzy[3.31]:

- prin folosirea unei sintaxe lingvistice:

Numărul fuzzy se știe că:

- nu este niciodată sub  $a_1$
- este uzual între  $a_2$  și  $a_3$
- nu este niciodată peste  $a_4$

$$A=[a_1, a_2, a_3, a_4]$$

- când incertitudinea apare din rotunjirea erorilor sau a erorilor de măsură. Dacă presupunem că valoarea numărului fuzzy  $A$  este aproximativ  $a_0$ , cu o eroare maximă de  $e_r$ , atunci parametrii numărului fuzzy pot fi definiți ca:

$$\begin{cases} a_1 = a_0 - e_r \\ a_2 = a_0 - \frac{e_r}{2} \\ a_3 = a_0 + \frac{e_r}{2} \\ a_4 = a_0 + e_r \end{cases} \quad (3.92)$$

- prin eșantion de date empirice

Dacă avem un eșantion  $x_i, i=1..n$  atunci:

$$\begin{aligned}
a_1 &= \min(x, ) \\
a_2 &= E(x) - \frac{E(x) - \min(x, )}{2} \\
a_3 &= E(x) + \frac{\max(x, ) - E(x)}{2} \\
a_4 &= \max(x, )
\end{aligned}
\tag{3.93}$$

unde  $E(x)$  este valoarea calculată dintr-un eşantion.

Un număr fuzzy trapezoidal poate fi exprimat prin:  $A=[a_1, a_2, a_3, a_4]$ , iar funcția sa de apartenență trapezoidală:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x \geq a_4 \end{cases}
\tag{3.94}$$

Avantajul logicii fuzzy este că realizează o interfață între limbajul formal (procesare simbolică) și caracterizările cantitative (procesare numerică), dând o interpretare corectă incertitudinilor și oferind mijloace de operare cu incertitudini.

Mulțimile fuzzy sunt legate conceptual cu proprietățile intrinseci de incertitudine a modelului. Ele modelează noțiunea de posibilitate, anume posibilitățile individuale ale unor obiecte de a fi încadrate într-un concept semantic[3.29]. O mulțime fuzzy este definită prin patru componente:

- un domeniu monoton crescător, ce reprezintă populația mulțimii fuzzy;
- reprezentările semantice asociate populației fuzzy;
- o scară a gradului de adecvare la semantica specifică mulțimii;
- o funcție de implicație care explicitează gradul de apartenență al unui element din domeniu la mulțime.

Dacă  $X$  este o mulțime de obiecte, iar  $A$  este un domeniu de proprietăți, mulțimea fuzzy  $A$  este formată din perechile:

$$A = \{x, \mu_A(x) / x \in X\}
\tag{3.95}$$

unde  $\mu_A(x)$  este funcția de apartenență. Valoarea acesteia indică gradul de apartenență a elementului  $x$  la  $A$ , sau gradul de încredere că elementul  $x$  are proprietatea asociată semantic mulțimii.

În figura de mai jos se exemplifică definiția mulțimilor fuzzy care caracterizează tensiunea pe o bară de stație electrică de 110kV. Evaluarea tensiunii este făcută în termeni lingvistici semantici:

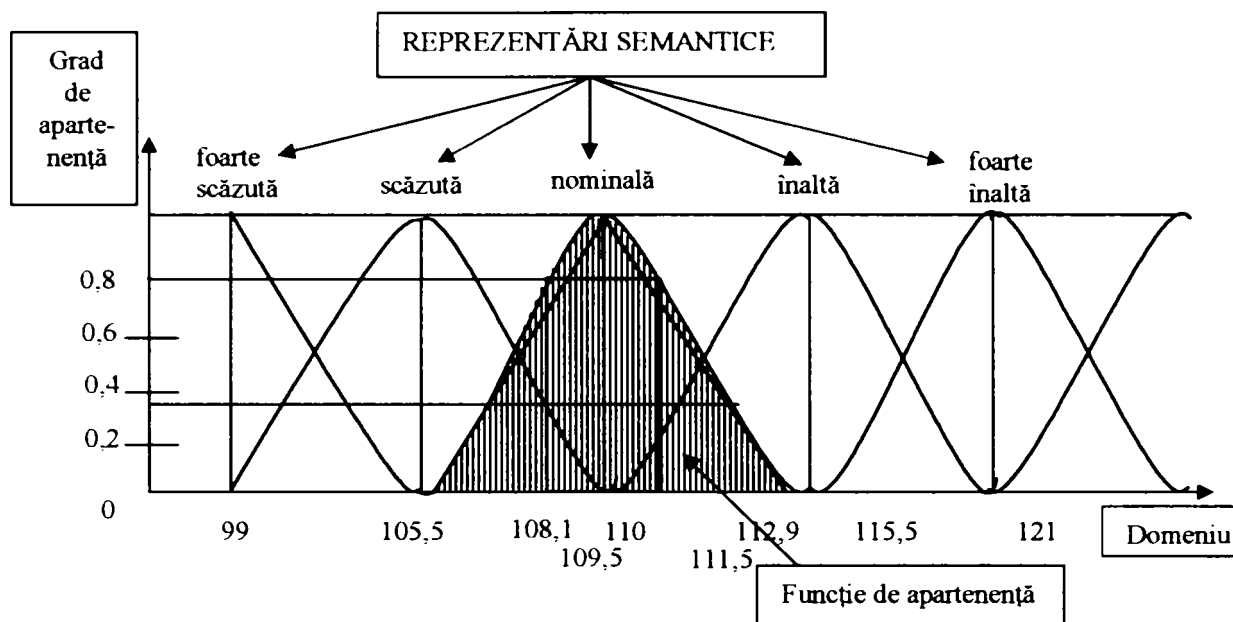


Fig.3.12 Funcția de apartenență a tensiunii pe o bară de 110kV într-o stație de transformare

Gradul de apartenență a unei valori la unul dintre cei cinci termeni lingvistici-semanticci este o măsură a conformității valorii cu semnificația clasei lingvistice.

Funcția de apartenență oferă o măsură cantitativă, numerică a gradului de adecvare a valorii respective cu noțiunea de semantică. Dacă funcția de apartenență ia valori în intervalul  $[0,1]$  se spune că este nominalizată. Nominalizarea funcțiilor de apartenență este recomandată pentru a putea realiza cu acestea operații de logică fuzzy.

Setul de elemente care compune o mulțime fuzzy este alcătuit din acele elemente care aparțin domeniului de definiție și au gradul de apartenență la mulțime mai mare ca zero.

$$S(A) = \{x \in X / \mu_A(x) > 0\} \quad (3.96)$$

Mulțimea elementelor care aparțin cel puțin în măsura  $\alpha$  mulțimii fuzzy  $A$  este denumită setul de nivel  $\alpha$  al mulțimii fuzzy  $A$ :

$$A_\alpha = \{x \in X / \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (3.97)$$

Mulțimile fuzzy pot fi definite în mai multe feluri:

1. perechi asociate

$$A = \{(x_1, \mu_{1A}(x_1)), (x_2, \mu_{2A}(x_2)), \dots, (x_n, \mu_{nA}(x_n))\} \quad (3.98)$$

Descrierea mulțimii fuzzy “tensiunea nominală” prin perechi asociate este:

$$A = \{(108.1,0.3),(109.5,0.8),(110.1),(111.5,0.8),(112.9,0.3)\}$$

2. predicate vagi date printr-un factor de certitudine  $f_c$

$$\mu_{sigur}(x) = \begin{cases} 0, & \text{daca } f_c < 0.8 \\ 1, & \text{daca } 0.8 \leq f_c \leq 1 \end{cases} \quad (3.99)$$

$$\mu_{necunoscut}(x) = \begin{cases} 0, & \text{daca } f_c > 0 \\ 1, & \text{daca } 0 \leq f_c \leq 0.2 \end{cases} \quad (3.100)$$

$$\mu_{sigurmuaparineclase}(x) = \begin{cases} 0, & \text{daca } f_c \in (0,1] \\ 1, & \text{daca } f_c \notin (0,1] \end{cases} \quad (3.101)$$

3. relații funcționale (funcții de apartenență) dacă  $x$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{daca } x < 105.5 \\ (1 + (x - 110)^2)^{-1}, & \text{daca } 105.5 \leq x \leq 115.5 \\ 0, & \text{daca } x > 115.5 \end{cases}$$

$$\text{Mulțimea vidă fuzzy } \Phi \text{ este definită prin funcția de apartenență: } \mu_\Phi(x) = 0 \quad (3.102)$$

Convexitatea mulțimilor fuzzy este o proprietate necesară pentru definirea operațiilor cu aceste mulțimi. Mulțimea fuzzy  $A$  este convexă dacă:

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)); \quad x_1, x_2 \in X, \quad \lambda \in [0,1] \quad (3.103)$$

Cele mai frecvent utilizate funcții de apartenență sunt:

- funcții de apartenență triunghiulare

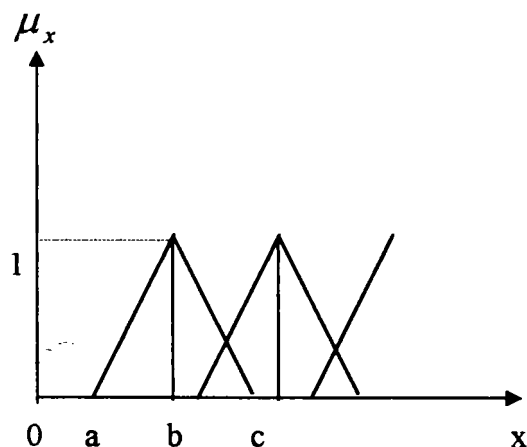


Fig. 3.13 Funcția de apartenență triunghiulară

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (3.104)$$

- funcții de apartenență trapezoidale

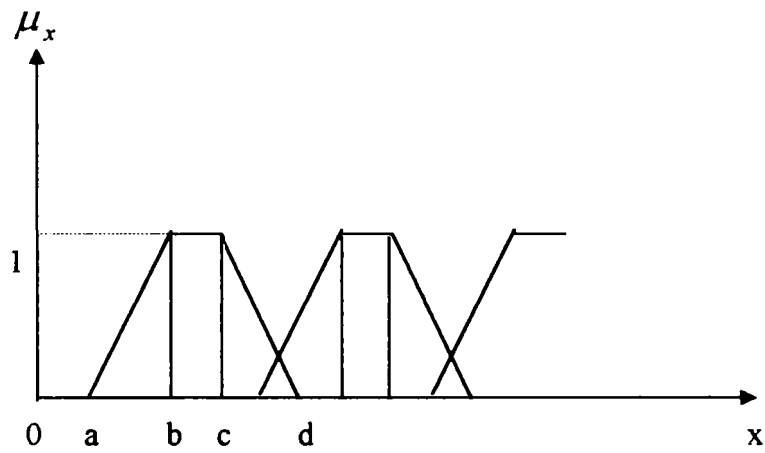


Fig. 3.14 Funcția de apartenență trapezoidală

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (3.105)$$

- funcții de apartenență gaussiene

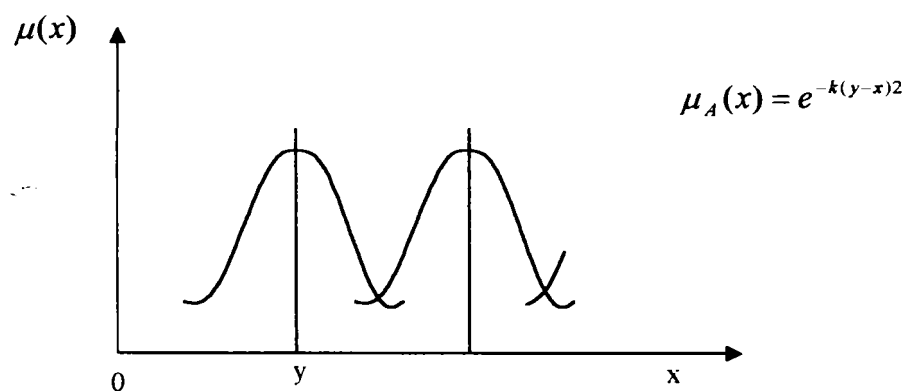


Fig. 3.15 Funcția de apartenență gaussiană



### 3.6.2. Operații cu mulțimi fuzzy

Operațiile cu mulțimi fuzzy reprezintă operațiile cu funcțiile lor de apartenență. Principalele operații cu mulțimi fuzzy sunt definite astfel:

- Egalitatea a două mulțimi fuzzy, A și B:

$$A=B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x) \quad \forall x \in U \quad \text{unde } U \text{ este } A \cup B \quad (3.106)$$

- Intersecția a două mulțimi fuzzy, A și B, corespunde operatorului logic AND și constă într-o mulțime fuzzy  $A \cap B$ , a cărei funcții de apartenență este:

$$\mu_{A \cap B} = \min\{\mu_A, \mu_B\}, \quad x \in U \quad (3.107)$$

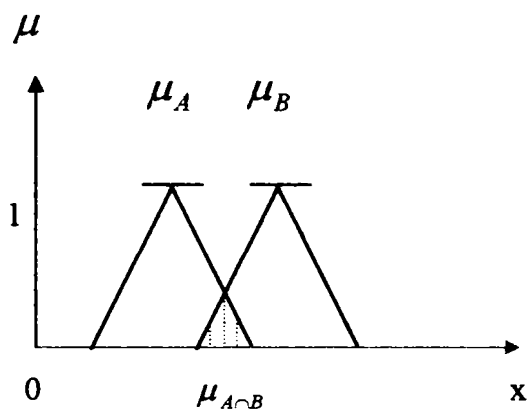


Fig. 3.16 Operatorul AND

- Reuniunea a două mulțimi fuzzy, A și B, corespunde operatorului logic OR și constă într-o mulțime fuzzy  $A \cup B$ , a cărei funcții de apartenență este:

$$\mu_{A \cup B} = \max\{\mu_A, \mu_B\}, \quad x \in U \quad (3.108)$$

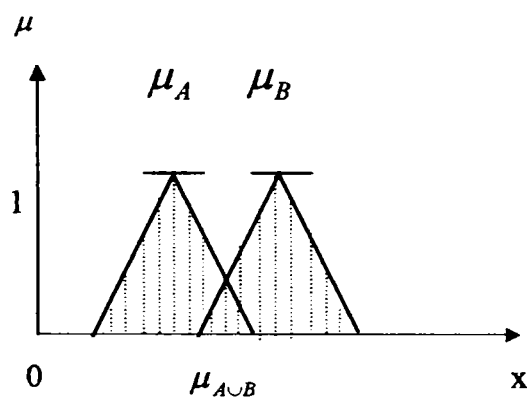


Fig. 3.17 Operatorul OR

- Cardinalul unei mulțimi fuzzy A:

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \Rightarrow \text{pentru domenii discrete} \quad (3.109)$$

$$|A| = \int_x \mu_A(x) \Rightarrow \text{pentru domenii continue} \quad (3.110)$$

- Complementarea unei mulțimi fuzzy A, corespunzătoare operatorului logic NOT, este notată  $CA$  și are ca funcție de apartenență:

$$\mu_{CA} = 1 - \mu_A \quad (3.111)$$

- Produsul cartezian a două mulțimi fuzzy A și B:

$$C = A \times B \Rightarrow C = \{x \in X / (x, \mu_C(X) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\})\} \quad (3.112)$$

- Produsul algebric a două mulțimi fuzzy A și B:

$$C = A \cdot B \Rightarrow C = \{x \in X / (x, \mu_A(x) \cdot \mu_B(x))\} \quad (3.113)$$

- Puterea unei mulțimi fuzzy A:

$$\mu_A^m(x) = [\mu_A(x)]^m \quad (3.114)$$

- Suma algebrică a două mulțimi fuzzy A și B:

$$A + B = \{x \in X / (x, \mu_{A+B}(X) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x))\} \quad (3.115)$$

- Diferența algebrică a două mulțimi fuzzy A și B:

$$A - B = A \cap CB \quad (3.116)$$

- Suma mărginită a două mulțimi fuzzy A și B:

$$A \oplus B = \{x \in X / (x, \mu_{A \oplus B}(X) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\})\} \quad (3.117)$$

- Diferența mărginită a două mulțimi fuzzy A și B:

$$A \oplus -B = \{x \in X / (x, \mu_{A \oplus -B}(X) = \max\{0, \mu_A(x) - \mu_B(x)\})\} \quad (3.118)$$

- Produsul mărginit a două mulțimi fuzzy A și B:

$$A \otimes B = \{x \in X / (x, \mu_{A \otimes B}(X) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1\})\} \quad (3.119)$$

#### Operații cu numere fuzzy

Fie A și B două numere fuzzy cu funcții de apartenență trapezoidale:

$$A = [a_1, a_2, a_3, a_4] \quad B = [b_1, b_2, b_3, b_4]$$

Fie numărul fuzzy C definit ca o funcție de două numere fuzzy A și B,  $C=f(A,B)$ , atunci funcția sa de apartenență este:

$$\mu_C(z) = \max[\min\{\mu_A(z), \mu_B(z) / f(x, y) = z\}] \quad (3.120)$$

- Adunarea a două numere fuzzy A și B:

$$A + B = [a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4] \quad (3.121)$$

- Scăderea a două numere fuzzy A și B:

$$A - B = [a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3, a_4 - b_4] \quad (3.122)$$

- Înmulțirea a două numere fuzzy A și B:

$$A \cdot B = [\min(a_1 b_1, a_1 b_4, a_4 b_1, a_4 b_4), \min(a_2 b_2, a_2 b_3, a_3 b_2, a_3 b_3), \max(a_3 b_3, a_3 b_2, a_2 b_3, a_2 b_2), \max(a_4 b_4, a_4 b_1, a_1 b_4, a_1 b_1)] \quad (3.123)$$

- Împărțirea a două numere fuzzy A și B:

$$\frac{A}{B} = [\min(a_1 / b_1, a_1 / b_4, a_4 / b_1, a_4 / b_4), \min(a_2 / b_2, a_2 / b_3, a_3 / b_2, a_3 / b_3), \max(a_3 / b_3, a_3 / b_2, a_2 / b_3, a_2 / b_2), \max(a_4 / b_4, a_4 / b_1, a_1 / b_4, a_1 / b_1)] \quad (3.124)$$

### Defuzificarea

Asocierea unor semnificații lingvistice pentru un set de valori numerice obținând un set de mărimi fuzzy poartă numele de fuzzyficare. Procesul invers care asociază unei mărimi fuzzy o mărime numerică precisă poartă numele de defuzzyficare[3.31].

Pentru defuzzyficare sunt definite diverse metode care permit obținerea unei valori numerice printr-o expresie ce combină mai multe funcții de apartenență. Cele mai cunoscute sunt:

- Metoda centrului de greutate al suprafeței este delimitat de maximele locale, localizează punctul selectat în centrul de greutate al figurii rezultată prin suprapunerea graficelor funcțiilor de apartenență.

$$x_{selectat} = \frac{\int x \cdot MAX_k(\mu_{Ak}(x))dx}{\int MAX_k(\mu_{Ak}(x))dx} \quad (3.125)$$

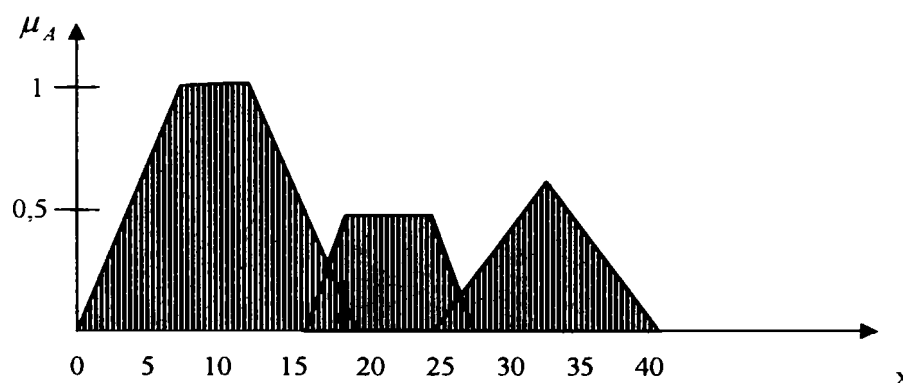


Fig. 3.18 Centrul de greutate rezultat prin suprapunerea graficelor de apartenență

- Metoda centrului de greutate al suprafeței este rezultat prin însumarea valorilor individuale:

$$x_{selectat} = \frac{\int x \cdot \sum_k (\mu_{Ak}(x)) dx}{\int \sum_k (\mu_{Ak}(x)) dx} \quad (3.126)$$

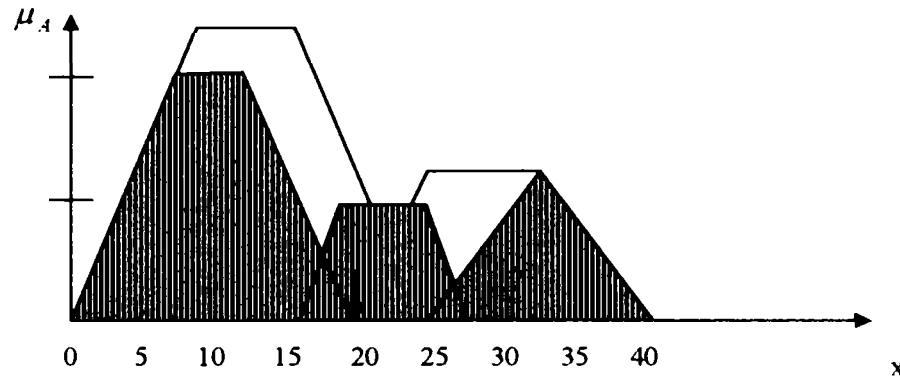


Fig.3.19 Centrul de greutate rezultat prin însumarea valorilor individuale

- Metoda ponderării centrelor de greutate ale suprafețelor individuale; selectează acel punct rezultat prin medierea centrelor de greutate ale ariilor graficelor funcțiilor de apartenență individuale:

$$x_{selectat} = \frac{\sum_k \left( \frac{\int x \cdot (\mu_{Ak}(x)) dx}{\int (\mu_{Ak}(x)) dx} \cdot \int (\mu_{Ak}(x)) dx \right)}{\sum_k \int (\mu_{Ak}(x)) dx} \quad (3.127)$$

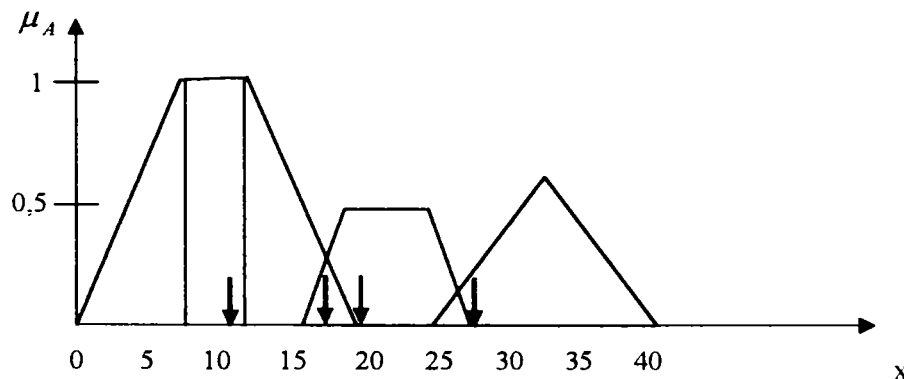


Fig. 3.20 Medierea centrelor de greutate ale ariilor graficelor funcțiilor de apartenență individuale

- Metoda primului maxim absolut, selectează primul punct din domeniul de definiție numeric, pentru care funcția de apartenență are valoare maximă

$$x_{selectat} = \inf_x (x / \mu_A(x) = \max_x \mu_A(x)) \quad (3.128)$$

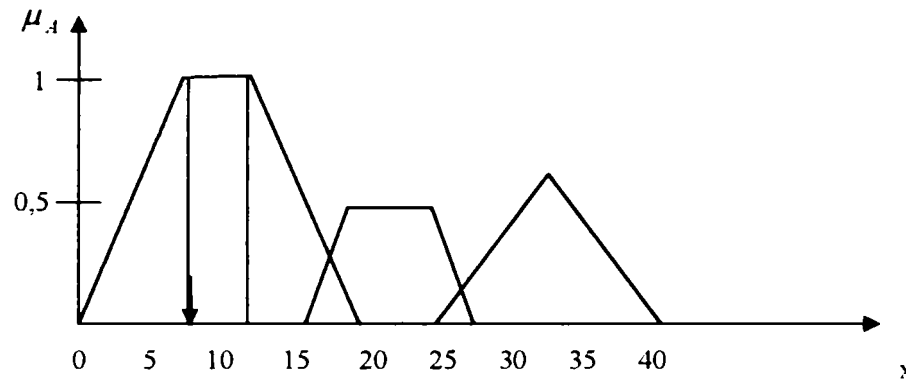


Fig. 3.21 Metoda primului maxim

- Metoda medierii maximelor locale, determină coordonatele punctelor din domeniul numeric de definiție, pentru care funcția de apartenență înregistrează maxime locale și face o mediere a acestor coordonate.

$$x_{selectat} = \frac{\sum_{max. locale} x}{nr. max. locale} \quad (3.129)$$

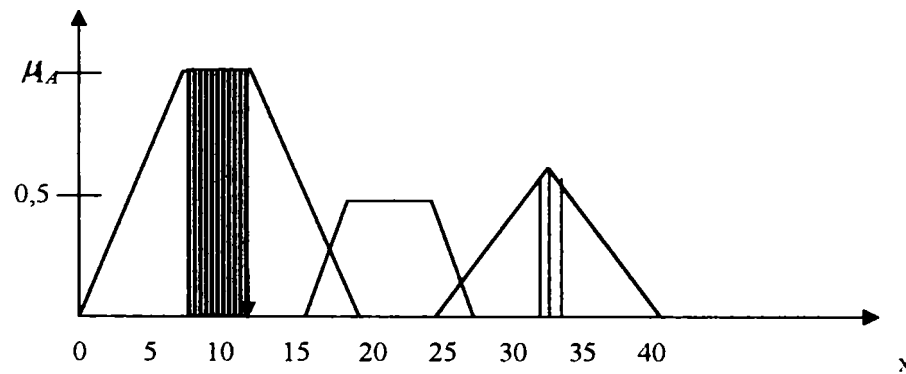


Fig. 3.22 Metoda medierii maximelor locale

- Metoda centrului de greutate a ariei convexe maxime localizează punctul selectat în centrul de greutate a ariei convexe maxime

$$x_{selectat} = \frac{\int x \cdot MAX_k(\mu_{Ak}(x)) dx}{\int MAX_k(\mu_{Ak}(x)) dx} \quad (3.130)$$

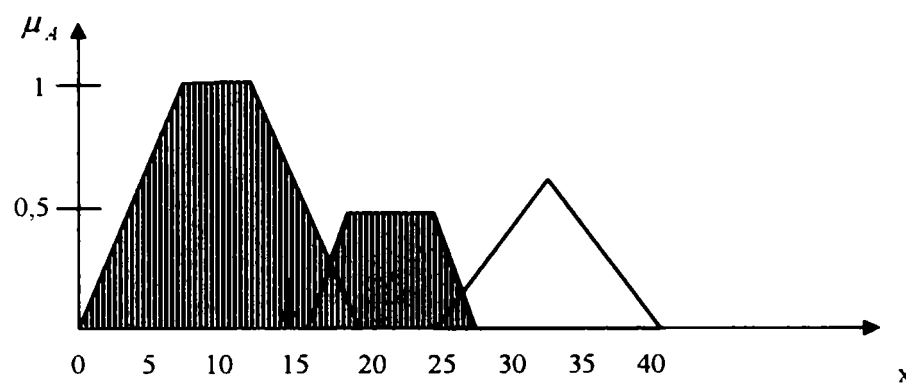


Fig. 3.23 Centrul de greutate al ariei convexe maximale

#### *Aplicații în tehnică a teoriei mulțimilor fuzzy*

Prima aplicație a logicii fuzzy a fost realizată de către E. Mamdani care în 1974 a proiectat un prototip de controler bazat pe logica fuzzy pentru un motor cu abur. În 1980 a apărut prima aplicație industrială: un cuptor de ciment construit în Danemarca.

În energetică până în prezent cercetătorii au propus aplicarea teoriei mulțimilor vagi în problema analizei securității sistemului [3.12],[3.19], reglajul puterii reactive [3.17], reglajul tensiunii, repartizarea sarcinii între generatoarele unei centrale, planificarea dezvoltării rețelelor electrice[3.15], [3.22] etc.

Se poate face o clasificare a problemelor din energetică rezolvate folosind teoria mulțimilor fuzzy în funcție de tipul de abordare utilizată: cu numere fuzzy sau cu logica fuzzy.

Astfel, problemele legate de incertitudini în ceea ce privește sarcinile rețelelor electrice, acestea au fost tratate folosind numere fuzzy și aritmetica fuzzy.

Sarcinile incerte pot fi reprezentate cu numere fuzzy, cu funcții de apartenență continue, definite pe mulțimea numerelor reale. Numerele fuzzy pot avea diferite forme (în funcție de condiții dar, în general, sarcinile considerate astfel, au funcții de apartenență trapezoidale (particularizându-se pentru situații speciale, în funcții triunghiulare) [3.11, 3.12, 3.13, 3.21, 3.26, 3.27]

Deci pentru problema de optimizarea circulației de putere în rețelele electrice [3.25,3.28], repartizarea optimă a sarcinilor reactive [3.12,3.25], controlul tensiunii, repartizarea sarcinii între generatoarele unei centrale sau prognoze de sarcină se folosește abordarea bazată pe numere fuzzy. Sarcini fuzzy sunt folosite și pentru estimarea stării în rețelele de distribuție [3.11].

Cel de al doilea tip de probleme energetice sunt cele pentru a căror rezolvare se apelează la logica fuzzy. Acest tip de probleme se caracterizează prin faptul că sunt exprimate în limbaj

natural, ca păreri ale experților despre problema respectivă. Deci o modelare matematică în sensul clasic nu e posibilă.

Probleme legate de impactul pe care îl au rețelele asupra mediului, de dezvoltare și planificare a rețelelor electrice sunt cele pentru a căror rezolvare se apelează la logica fuzzy.

Prin calitățile și caracteristicile sale teoria mulțimilor fuzzy a deschis o nouă perspectivă în studiul sistemelor electroenergetice și al sistemelor în general.

### 3.6.3 Considerarea mulțimilor fuzzy în formularea și soluționarea problemelor de reconfigurare. Aplicație[3.32]

Când se efectuează operațiile de reconfigurare datele care se folosesc pentru calculele reconfigurării sunt mai mult sau mai puțin incerte[3.16,3.30]. Aceste incertitudini pot fi:

- sarcinile la consumator variază cu timpul, având un caracter dinamic;
- parametrii elementelor componente ale rețelei electrice (R,X) sunt incerți, fiind influențați de diverși factori externi;
- posibile erori de măsură a unor date de intrare;
- tensiunea este variabilă în timp datorită modificării permanente a sarcinii consumatorilor;

Utilizarea tehnicilor fuzzy presupune trecerea de la conceptul “probabilitate” la conceptul de “posibilitate” în gestionarea informațiilor incerte și inexacte.

Considerăm o mulțime de numere reale E. Se știe că pentru mulțimile ordinare se definește funcția caracteristică atașată elementelor mulțimii ca:

$$\forall x \in E : \mu(x) \in \{0,1\} \quad (3.131)$$

Există câteva posibilități de reprezentare a datelor de intrare incerte ca numere fuzzy:

- prin folosirea unei sintaxe lingvistice:

Numărul fuzzy se știe că:

- nu este niciodată sub  $a_1$
- este uzual între  $a_2$  și  $a_3$
- nu este niciodată peste  $a_4$

$$A=[a_1, a_2, a_3, a_4]$$

- când incertitudinea apare din rotunjirea erorilor sau a erorilor de măsură. Dacă presupunem că valoarea numărului fuzzy A este aproximativ  $a_0$ , cu o eroare maximă de  $e$ , atunci parametrii numărului fuzzy pot fi definiți ca:

$$\begin{cases} a_1 = a_0 - e_r \\ a_2 = a_0 - \frac{e_r}{2} \\ a_3 = a_0 + \frac{e_r}{2} \\ a_4 = a_0 + e_r \end{cases} \quad (3.132)$$

Un număr fuzzy trapezoidal poate fi exprimat prin:  $A=[a_1, a_2, a_3, a_4]$ , iar funcția sa de apartenență trapezoidală:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, x \geq a_4 \end{cases} \quad (3.133)$$

Avantajul logicii fuzzy este că realizează o interfață între limbajul formal (procesare simbolică) și caracterizările cantitative (procesare numerică), dând o interpretare corectă incertitudinilor și oferind mijloace de operare cu incertitudini.

#### *Operații cu numere fuzzy*

Fie A și B două numere fuzzy cu funcții de apartenență trapezoidale:

$$A=[a_1, a_2, a_3, a_4] \quad B=[b_1, b_2, b_3, b_4]$$

Fie numărul fuzzy C definit ca o funcție de două numere fuzzy A și B,  $C=f(A,B)$ , atunci funcția sa de apartenență este:

$$\mu_C(z) = \max[\min\{\mu_A(z), \mu_B(z) / f(x, y) = z\}] \quad (3.134)$$

- Adunarea a două numere fuzzy A și B:

$$A+B=[a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3, a_4+b_4] \quad (3.135)$$

- Scăderea a două numere fuzzy A și B:

$$A-B=[a_1-b_1, a_2-b_2, a_3-b_3, a_4-b_4] \quad (3.136)$$

- Înmulțirea a două numere fuzzy A și B:

$$A \cdot B = [\min(a_1 b_1, a_1 b_4, a_4 b_1, a_4 b_4), \min(a_2 b_2, a_2 b_3, a_3 b_2, a_3 b_3), \max(a_3 b_3, a_3 b_2, a_2 b_3, a_2 b_2), \max(a_4 b_4, a_4 b_1, a_1 b_4, a_1 b_1)] \quad (3.137)$$



- Împărțirea a două numere fuzzy A și B:

$$\frac{A}{B} = [\min(a_1/b_1, a_1/b_4, a_4/b_1, a_4/b_4), \min(a_2/b_2, a_2/b_3, a_3/b_2, a_3/b_3), \max(a_3/b_3, a_3/b_2, a_2/b_3, a_2/b_2), \max(a_4/b_4, a_4/b_1, a_1/b_4, a_1/b_1)] \quad (3.138)$$

Pentru a extrage elementul reprezentativ din mulțimea fuzzy se folosește metoda de defuzzyficare. Defuzzyficarea este procedeul prin care mărimile fuzzy sunt transformate în mărimi certe.

Una din metodele cele mai utilizate este metoda centrului de greutate a suprafeței delimitat de maximele locale.

$$x_{selectat} = \frac{\int x MAX_K(\mu_{Ak}(x)) dx}{\int MAX_K(\mu_{Ak}(x)) dx} \quad (3.139)$$

Algoritmul metodei :

Se consideră o rețea de distribuție buclată funcționând în rețea radială[3.3,3.17,3.24]. Ne propunem reconfigurarea rețelei având ca obiective reducerea de putere

1. Citește configurația rețelei;
2. Dacă este corectă atunci face calculul inițial de puteri și calculul pierderilor de puteri dacă nu dă mesaj de eroare;
3. Caută optimul deschizând fiecare latură cu întrerupător până când găsește optimul global.

Pentru verificarea metodei se consideră o porțiune redusă succesiv a rețelei de distribuție urbane de 10kv aparținând S.D. Baia Mare ce conține 52 de noduri. Liniile sunt reprezentate prin parametrii echivalenți longitudinali ai laturilor și consumatorii prin puterile active și reactive maxime.

Algoritmul descris anterior a permis elaborarea unui program în limbaj Visual Basic care permite utilizatorului să obțină informații în timp scurt despre topologia rețelei având schema în față sau să vizualizeze numai debuclările făcute.

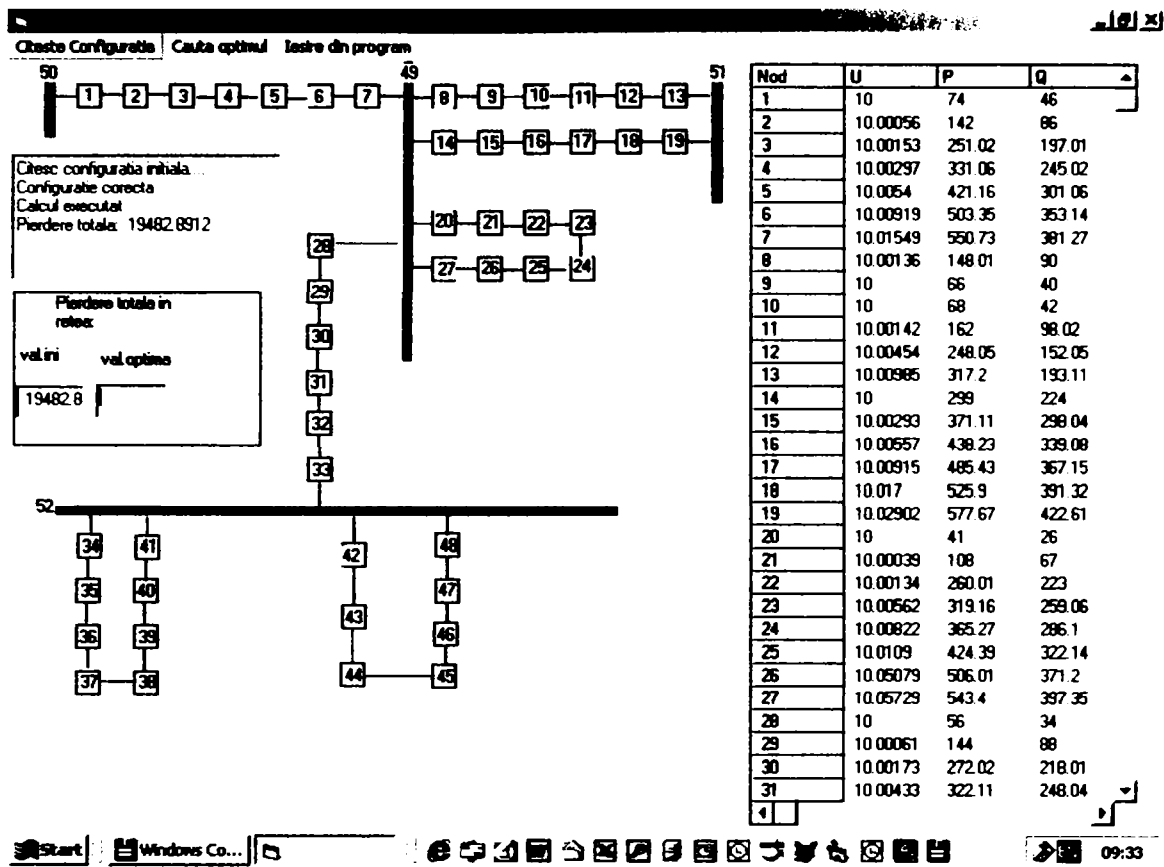


Fig. 3.24 Rețea simplificată de distribuție urbană înainte de reconfigurare

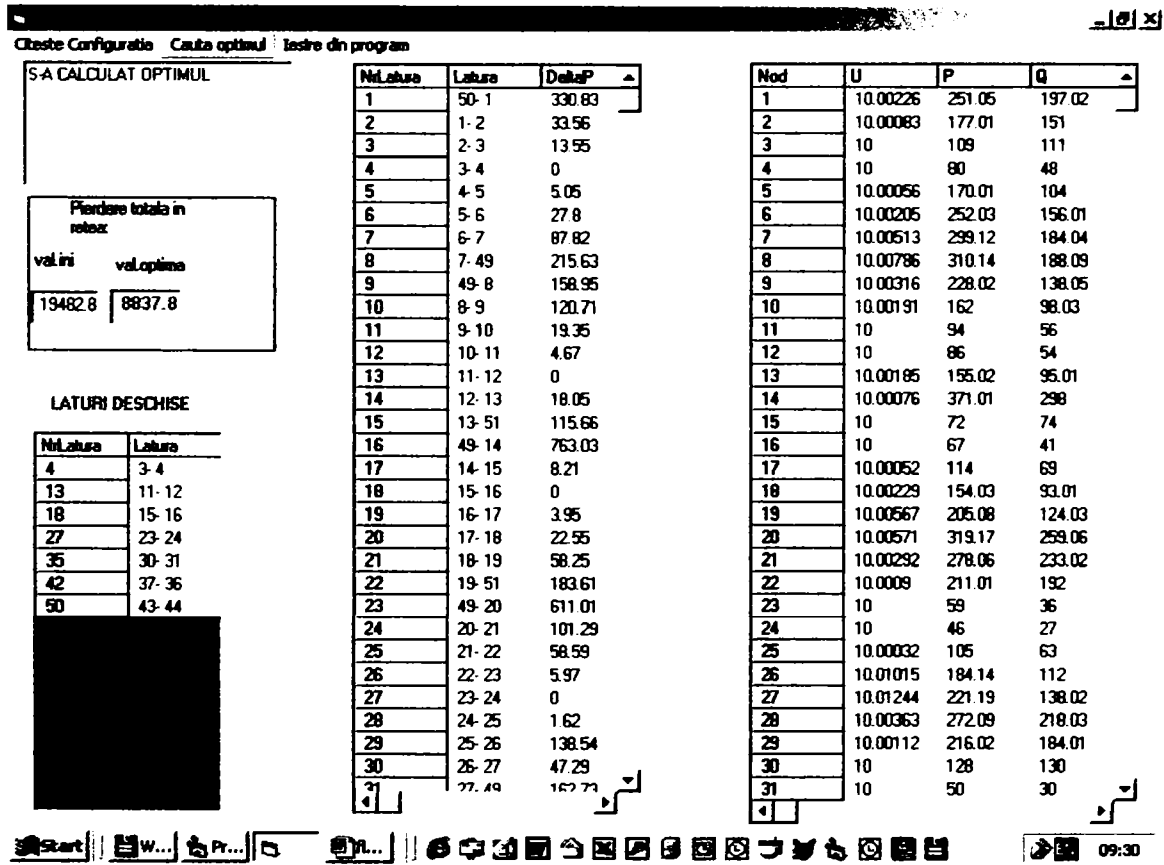


Fig. 3.25 Configurația optimă a rețelei

Scopul lucrării este de a urmări și analiza probleme legate de reconfigurarea rețelelor cu ajutorul calculului determinist și cu ajutorul teoriei fuzzy.

În figura 3.24 se prezintă situația în care programul a efectuat citirea configurației astfel încât s-a efectuat calculul circulației de puteri și calculul pierderilor de putere cu ajutorul calculului determinist.

În figura 3.25 s-a rulat procedura de optimizare și s-a obținut configurația optimă și pierderile minime de putere.

În cazul calculului cu mulțimi fuzzy s-au introdus datele de intrare: puterea activă și reactivă a consumatorilor, rezistența și reactanța liniilor ca numere fuzzy cu funcții de apartenență trapezoidale (incertitudinea fiind între 4% și 6%).

În cazul calculului determinist s-au considerat următoarele debuclări inițiale:

(50-1),(49-8),(49-14),(49-20),(49-28),(37-38),(43-44)

Pierdere totală de putere în rețea este 19,564kW

După 8 iterații se obține configurația optimă:

(3-4),(11-12),(15-16),(23-24),(30-31),(36-37),(43-44)

Pierdere totală de putere în rețea este 8,837kW

În cazul calculului cu mulțimi fuzzy se introduc aceleași debuclări inițiale și se obține următoarea pierdere totală în rețea:

20,673kW (15.139,17.180,23.980,26.141)

Configurația optimă obținută cu ajutorul teoriei fuzzy este aceeași ca și în cazul determinist.

Pierdere totală de putere în rețea este:

9,3273kW (6.870,7.794,10.860,11.846)

**În urma analizării rezultatelor obținute se pot face următoarele observații:**

1. Programul oferă posibilitatea de a lua decizii în timp scurt de către utilizator în cazuri de avarie acesta urmărind on line reconfigurarea schemei.
2. Această metodă conferă utilizatorului informații despre topologia rețelei nelăsând posibilitatea de a avea o schemă buclată .
3. La prima iterație reducerea pierderilor de putere este mare față de iterațiile următoare indiferent de numărul acestora.
4. Motivul utilizării tehnicii fuzzy pentru calculul reconfigurării este modelarea mai bună a informațiilor de intrare.

### 3.7. Concluzii

Scopul acestui capitol a fost acela de a evidenția problemele care le ridică calculul pierderilor de energie în rețelele electrice, etapă ce trebuie parcursă în procesul de reconfigurare. Din acest motiv s-a considerat util a fi prezentate aspectele legate de: metodele de calcul a pierderilor de energie aplicate în rețelele de distribuție, metodele de reducere a pierderilor pentru ca în cadrul acestora să se regăsească și problema reconfigurării rețelelor de distribuție, considerarea curbelor de sarcină în problemele de reconfigurare, folosirea mulțimilor fuzzy pentru modelarea datelor de intrare ale rețelei, aplicații.

### Bibliografie

- [3.1] Albert H.-Pierderi de putere și energie în rețelele electrice. Determinare. Măsuri de reducere, Editura Tehnică București, 1984
- [3.2] Buta A.-Transportul și distribuția energiei electrice, Litografia Universității "Politehnice" Timișoara, 1991
- [3.3] Poată A., Arie A., Crișan O., Eremia M., Alexandru V., Buta A.-Transportul și distribuția energiei electrice, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981
- [3.4] Georgescu Gh., Poată A., Gavrițaș M.-Calculul pierderilor de energie în rețelele de distribuție folosind descompunerea graficelor de sarcină în serii Fourier, Energetica nr.5, seria B, 1995, pp49-62
- [3.5] Ciucu C., Craiu V.-Introducere în teoria probabilității și statistică matematică, Editura Didactică și Pedagogică București, 1971
- [3.6] M. E. Barau , F.F. Wu- Network Reconfiguration for Loss Reduction and Load Balancing, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, No 2, April 1989, pp 1401-1407
- [3.7] Ionescu T. G., Pop O.- Ingineria Sistemelor de distribuție e energiei electrice, Editura Didactică și Pedagogică București, 1998
- [3.8] A. Buta, C. Bud – Reconfigurarea rețelelor de distribuție cu considerarea graficelor de sarcină ale consumatorilor- Simpozionul Național de rețele electrice Pitești, vol. 2, 09-10 sept. 1998, pp 790-797
- [3.9] Georgescu Gh., Gavrițaș M., Rădășanu D. –Calculul și reducerea de putere și energie în rețelele electrice, Editura Spectrum Iași, 1997

- [3.10] Mesea N., Bazacliu G., Dumbravă V. –Calculul pierderilor de energie pe baza curbelor de sarcină relativă, Simpozionul Național de rețele electrice Pitești, 1998, vol.2, pp. 249-256
- [3.11] Miranda V.,Pereira J., Tome Sarayava J., . - Experiences in State Estimation Models for Distribution Systems Including Fuzzy Measures, IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 2, No 2, 1991,pp 728-733
- [3.12] Hsu, Y.Y. - Fuzzy Expert Systems:An Application to Short -Term Load Forecasting,IEE Proceedings, Part C, Vol. 139, No 6, 1992, pp 471-477
- [3.13] Miranda V.ș.a Fuzzy Modelling of Power System Optimal Load Flow, IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 7, No 2, 1992,pp 844-849
- [3.14] Gh. Cârțină, Gh. Georgescu, M. Găvrilaș și C. Bonciu -Rețele Neuronale Artificiale și sisteme expert în energetică,Ed. Gh. Asachi, Iași 1994
- [3.15] Saravaia J.T., Miranda V., Pinto L.M.-Impact on Some Planning Decisions from a Fuzzy Modelling of Power Systems, IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 9, No 2, 1994,
- [3.16] D. Petricica, ș.a.: -Tehnici ale inteligenței artificiale în controlul și exploatarea rețelelor electrice. Mulțimi și logica fuzzy:Concepte și aplicații.
- [3.17] Abdul Rahman K. H. - All Approach to Optimal UAR Control with Fuzzy Reactive Loads, IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 10, No 1, 1995, pp88-94
- [3.18] A. Hamid, ș.a. –Design of Augment Fuzzy Logic power System. Stabilizers to Enchange Power System Stability. IEEE Transaction of Energy Conversion, Vol. 11, No. 1, March 1996
- [3.19] Pereira J., Tome Sarayava J., Miranda V. - Combining Fuzzy and Probabilistic Data in Power System State Estimation, Proceedings of PMAPS '97, Vancouver, 1997, pp151-157
- [3.20] V. Borozan, N. Rajakovic- Application assessments of distribution network minimum loss reconfiguration- IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No 4, October 97, pp 1786-1792
- [3.21] Gh. Cârțină - Rețele neuronale artificiale-o abordare superioară în modelarea și conducerea proceselor energetice-SIAE, Galați,1998
- [3.22] Chow M.Y., Zhu J., Tram H. - Application of Fuzzy Objective Decizion Making in Spatial Load Forecasting, IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 13, No 3, october 1998, pp1185-1190

- [3.23] Cârțină Gh., Poată Al., ș.a. -Distribution Network Reconfiguration for Energy Loss Reduction Using a Fuzzy Logic Approach, Proceeding of Division 4, CNE'98, Neptun, Romania 1998, pp 186-191
- [3.24] Bârlădeanu E. ș.a. -Some Aspects Regarding the Electrical Distribution Networks Planning Using Fuzzy Sets Theory, Proceeding of Division 4, CNE'98, Neptun, Romania 1998, pp 186-191
- [3.25] Bârlădeanu E. ș.a. -Considerații privind consumatorii de energie electrică în vederea planificării dezvoltării rețelelor electrice industriale, Proceeding of CNE'98, Bacău, Romania 1998, pp 19-22
- [3.26] Mușat M., ș.a. -State Estimation for Power System Considering Spatial Load Forecasting, Proceedings of EPE'99, Iași, România, fasc. SB, 1999, pp 334-337
- [3.27] Mușat M. ,ș.a. -Distribution Networks Planning Considering Spatial Load Forecasting, Proceedings of EPE'99, Iași, România, fasc. SC, 1999, pp 103-106
- [3.28] Bârlădeanu E., Poată Al., Musat M. , -Decisional Fuzzy Models in Power System, Proceedings of EPE'99, Iași, România, fasc. SB, 1999, pp 283-286
- [3.29] Andrei Cristinel Cziker - Sistem fuzzy pentru comanda elementelor reactive de simetrizare, Referat de doctorat, UTC, Cluj-Napoca 2000
- [3.30] M. Eremia, D. Petricică, A. I. Bulac, C. Bulac, I. Triștiu - Tehnici de inteligență artificială. Concepte și aplicații în sistemele electroenergetice, Ed. Agir, București, 2001
- [3.31] Gh. Cârțină, Gh. Grigoraș, ș.a. -Optimizări în energetică, Casa de editură Venus, 2001
- [3.32] C. Bud, A. Buta, S. Boczor - Utilizarea tehnicilor fuzzy în operațiile de reconfigurare a rețelelor de distribuție de medie tensiune, Simpozionul Național de rețele electrice Băile Felix-Oradea 2002,

## **Cap.4 Reconfigurarea rețelelor de distribuție considerând drept obiectiv calitatea tensiunii**

În cadrul acestui capitol se va prezenta problema reconfigurării drept una de optimizare a regimului de funcționare a rețelelor de distribuție având drept funcție obiectiv calitatea energiei electrice distribuite. Pentru aceasta vor fi trecute în revistă câteva probleme generale privind calitatea energiei electrice, apoi caracteristicile statice de sarcină evidențiindu-se rolul lor în problemele de reglarea tensiunii.

### **4.1. Probleme generale privind calitatea energiei electrice**

Una din problemele fundamentale în studiul rețelelor electrice și a elementelor componente este aceea a regimului de funcționare. Proiectarea și exploatarea rețelelor electrice presupune cunoașterea condițiilor în care funcționează linia sau stația electrică [4.3-4.9,4.13]. Aceste condiții, din punct de vedere electric sunt dictate, de cele mai multe ori de sarcina tranzitată sau distribuită. Pe această bază, în funcție de tensiunea nominală a liniei și a caracteristicilor de material a conductoarelor, transformatoarelor, reactoarelor, bateriilor de condensare, etc. se pot determina prin calcule puterile active și reactive și tensiunile, din toate punctele caracteristice ale rețelei.

Prin regimul de funcționare al unei rețele (sau a unui element al acesteia), se înțelege starea ei la un moment dat, caracterizată prin valorile unei mărimi fizice (tensiune, curent, putere activă și reactivă, decalajul tensiunilor, frecvență, etc.) care caracterizează starea corespunzătoare, regimul rețelei la un moment dat. Aceste mărimi sunt de fapt parametri ai energiei electrice transportate sau livrate consumatorilor[4.11,4.12,4.14,4.23,4.24]. Ei pot fi cantitativi: valorile puterilor, curenților, etc., și calitativi: tensiune de alimentare, frecvența gradul de nesimetrie al sistemului trifazat de tensiuni, gradul de deformare al undei de tensiune, continuitatea în alimentare.

Calitatea energiei electrice este o problemă complexă determinată de mulțimea de factori care o condiționează, din interdependența acestora, din lipsa unor metode și mijloace de obținere expeditivă și precisă a informațiilor referitoare la unele mărimi ce o caracterizează[4.1].

Energia electrică reprezintă o "marfă", calitatea ei putând fi încadrată într-un concept mai general, legat de activitatea de producere a energiei electrice și ca urmare i se pot atribui toate

calitățile produselor. În literatură se arată că există la ora actuală peste o sută de definiții ale noțiunii de calitate, fără a se identifica printre acestea una unanim acceptată .

Un alt punct de vedere în ce privește calitatea energiei electrice este: continuitatea producției de energie, universalitatea energiei, interschimbabilitatea tipurilor de energie, particularitățile ce rezidă în procesul de transport și distribuție a energiei, etc.

Calitatea energiei electrice trebuie abordată în contextul interdependenței dintre furnizorul de energie electrică și beneficiarul de energie electrică sub influența perturbațiilor. Aceste perturbații se pot datora furnizorului, consumatorului dar pot proveni și din cauze exterioare (fig. 4.1.) existența lor impunând analiza, urmărirea și luarea de măsuri în vederea asigurării calității energiei electrice ce se distribuie consumatorilor.

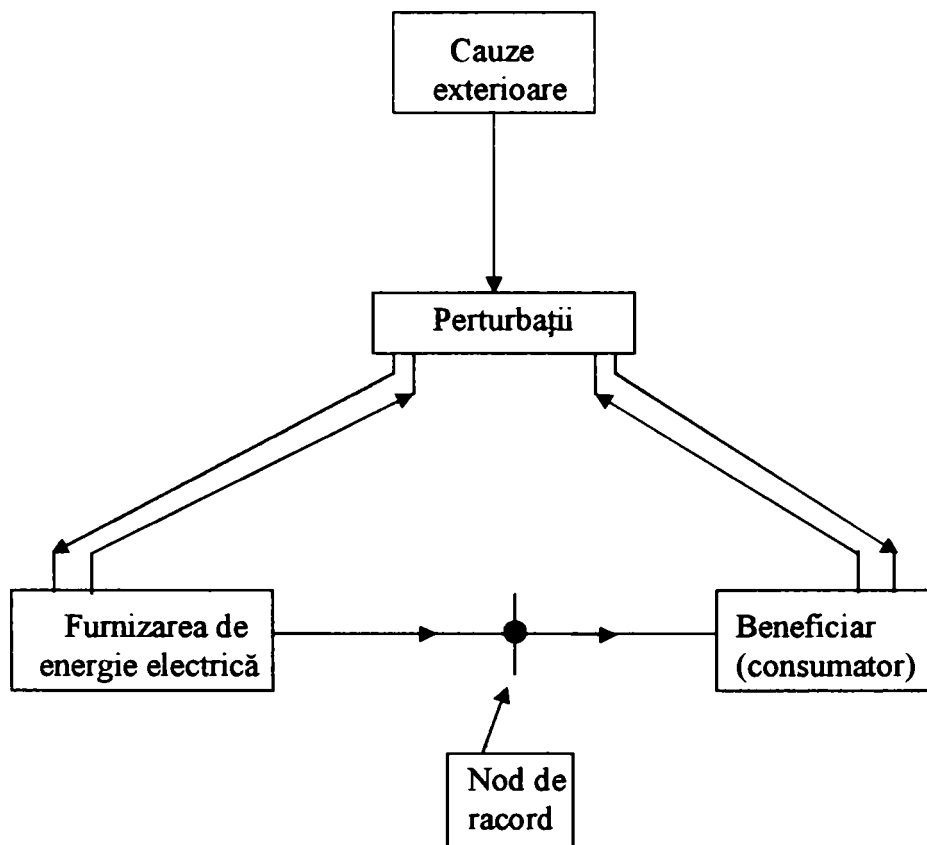


Fig. 4.1 Locul perturbațiilor în definirea și analiza calității energiei electrice

Calitatea energiei electrice se poate defini ca fiind ansamblul indicatorilor care condiționează utilitatea energiei electrice, adică satisface necesitățile consumatorilor de energie electrică în concordanță cu destinația lor. Scopul furnizorului de energie electrică este acela de a asigura în permanență la consumatori o tensiune alternativă, sinusoidală de frecvență și valoare efectivă menținută între anumite limite, fixate contractual, egale pe cele trei faze ale rețelei.



Asigurarea calității energiei electrice înseamnă menținerea indicatorilor energiei electrice în limite admise acest lucru depinzând de anumiți factori:

- realizarea balanței puterilor active și reactive în sistemul electroenergetic;
- nivelul tehnic al instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice;
- gradul de automatizare al diferitelor reglaje;
- calitatea măsurilor și mijloacelor considerate pentru menținerea și creșterea calității energiei electrice;
- calitatea activităților de proiectare a rețelelor și echipamentelor electrice;
- calitatea studiilor de dezvoltare și optimizare a rețelelor electrice.

Calitatea energiei electrice într-un nod al sistemului electroenergetic poate fi apreciată în funcție de:

- nivelul abaterilor tensiunilor față de tensiunea nominală;
- nivelul abaterilor frecvențelor față de frecvența nominală; gradul de simetrie a sistemului trifazat de tensiuni și curenți și puritatea curbelor de tensiune și curent, dorite a fi de formă sinusoidală.

Cele patru aspecte pot fi reunite și sub forma: calitatea tensiunii, calitatea frecvenței și continuitatea alimentării cu energie electrică.

Trebuie menționat faptul că, calitatea energiei electrice prezintă două aspecte și anume : o calitate percepută de consumator, definită prin mărimi subiective și o calitate măsurată pe baza unor indicatori stabiliți pe criterii tehnice. Aceste criterii pot fi grupate în primare, care sunt specifice furnizorului de energie electrică și secundare, specifice consumatorilor perturbatori.

Indicatorii de calitate sunt aprecierea cantitativă a proprietăților unui produs, care este analizat sub aspectul îndeplinirii cerințelor privind elaborarea sa, exploatarea sau consumul. Sistemul de indicatori ai calității energiei electrice trebuie să permită estimarea nivelului de calitate într-un anumit nod al rețelei și la un moment dat, precum și compararea informației obținute cu nivelul considerat ca optim sau cel puțin tolerabil (admisibil) de majoritatea consumatorilor racordați la rețeaua electrică respectivă.

Indicatorii de calitate pot fi clasificați avându-se în vedere cauzele care au provocat perturbațiile pe care le caracterizează, precum și caracterul și caracteristicile acestora. Astfel aceste cauze pot avea la bază fenomene aleatoare sau fenomene cu caracter permanent. Din categoria fenomenelor aleatoare fac parte: golurile de tensiune și întreruperile bruște, întreruperile de lungă durată ( $t > 1 \text{ min}$ ) supratensiunile tranzitorii. Din categoria fenomenelor cu caracter permanent sau cvasipermanent fac parte: variațiile lente de tensiune, care rezultă din modificarea sarcinii conform graficelor de sarcină, scăderii rapide de tensiune ce rezultă la

comutația sarcinilor mari, fluctuații rapide de tensiune produse de echipamente cu variația rapidă a sarcinii (flicker), armonici generate îndeosebi de convertizoarele statice de putere, dezechilibrele de tensiune, care rezultă din alimentarea sarcinilor dezechilibrate. Dar sistemul electroenergetic, calitatea energiei electrice pot fi privite și sistemic în teoria sistemelor automate. Sub acest aspect un rol important revine observabilității și controlabilității în domeniul calității energiei electrice.

Luarea celor mai potrivite decizii privitor la îmbunătățirea indicatorilor de calitate a energiei electrice presupune analizarea tuturor factorilor care exercită influență reciprocă (factori tehnici, organizatorici, financiari, conjuncturali, etc.). O astfel de analiză este posibilă apelând la tehnicile din teoria sistemelor. Sistemul electroenergetic face parte din categoria sistemelor industriale deschise om-mașină. În acest tip de sistem, în majoritatea cazurilor, se apelează la posibilitățile euristice ale omului, întemeiate pe experiență și intuiție inginerescă. Datorită nivelului insuficient al automatizării proceselor legate de asigurarea unei calități corespunzătoare a energiei electrice, fără îndoială că omului îi revin sarcini importante, atât în luarea deciziilor, cât și în aplicarea lor. De un real folos în aceste activități sunt documentele normative și materialele metodice.

Normarea, analiza și controlul calității energiei electrice se realizează pe baza unor informații complete și corecte privind variația parametrilor energiei electrice relevanți pentru calitate.

Aceste informații se obțin prin măsurarea parametrilor caracteristici ai procesului respectiv cu ajutorul metodelor și mijloacelor adecvate. Valorile indicatorilor de calitate a energiei electrice se obțin nu numai prin măsurare, ci și prin prelucrarea rezultatului măsurării conform unor relații matematice. Măsurarea parametrilor energiei electrice se efectuează cu ajutorul mijloacelor de măsură (aparaturilor) clasice, dar mai ales a unor sisteme de achiziție și prelucrare a datelor care încearcă pe cât posibil să elimine intervenția omului, asigurându-se astfel luarea celor mai adecvate măsuri pentru creșterea calității energiei electrice.

Frecvența și tensiunea de alimentare a receptoarelor reprezintă parametrii de calitate pentru care se stabilesc valori normalizate [4.10, 4.30-4.33]. Frecvența are aceeași valoare în tot sistemul electroenergetic la un moment dat, mărimea ei depinzând de echilibrul dintre puterea activă produsă și aceea consumată. Menținerea frecvenței în banda admisă se numește reglarea frecvenței și ea este o problemă de exploatare a centralelor electrice. Dar nivelul de frecvență, poate afecta funcționarea rețelei și aceasta prin modificarea circulației de putere activă și reactivă. Dacă în rețeaua de transport nivelul de frecvență este impus de circulația puterilor active, în rețeaua de distribuție sunt situații când nivelul de frecvență poate condiționa circulația

puterilor active și reactive, în mod deosebit acelor reactive, și acest lucru datorită caracteristicilor statice ale sarcinii în mod deosebit al celor rotative, iar în categoria acestora —motoarelor asincrone.

Valoarea tensiunii depinde în primul rând de circulația puterilor reactive, dar în rețelele de distribuție în care puterea reactivă este compensată, rolul determinat îl are puterea activă. Menținerea tensiunii între limitele admise face obiectul reglajului de tensiune fiind o problemă specifică rețelelor electrice. Cele două reglaje de frecvență și de tensiune sunt aparent independente unul de altul, efectuându-se unul la nivelul sistemului și altul la nivelul rețelei. În realitate ele sunt corelate, interdependente, nivelul de frecvență condiționând prin intermediul circulației de putere valoarea tensiunii. Această interdependență, așa cum s-a mai menționat, este asigurată de caracteristicile statice ale sarcinii.

În ceea ce privește gradul de nesimetrie acesta este dictat de consumator prin neîncărcarea uniformă a fazelor, rețeaua fiind realizată simetric; dar el afectează rețeaua prin pierderi suplimentare de putere și energie.

Deformarea undei de tensiune nu este practic cauzată de sursele de energie; în schimb rețeaua poate participa la deformare prin bateriile de compensare, bobinele de reactanță și transformatoarele saturate.

Adevăratele surse de deformare a undei de curent și tensiune sunt consumatorii, de fapt unii dintre ei (cuptoare cu arc electric, sudura electrică, instalațiile de redresare, etc.). Prezența regimului deformant înrăutățește randamentul instalațiilor ce alcătuiesc rețeaua electrică. Deci ca și nesimetria, regimul deformant trebuie identificat și limitat.

Obiectul prezentei lucrări îl constituie rețelele de medie tensiune, rețele construite buclat, dar exploatate radial, acestea alimentând rețeaua de furnizare a consumatorilor rezidențiali, edilitari și casnici, și nu consumatori particulari deformanți sau industriali deformanți sau cu un grad ridicat de nesimetrie.

În această rețea se transmite la consumatori în mică măsură nesimetria sarcinii sau a tensiunii și la fel deformarea tensiunii[4.3]. În aceste rețele de medie tensiune problema principală o constituie nivelul de tensiune care trebuie încadrat în banda admisibilă și uneori chiar și în aceea favorabilă [4.1,4.8].

Din această cauză scopul reconfigurării va fi acela de a asigura un nivel de tensiune cât mai apropiat de cel impus (nominal), compensând variațiile lente de tensiune datorate curbelor de sarcină și caracteristicilor statice ale sarcinii.

În cele ce urmează, legat de stabilirea regimului optim de funcționare al rețelei electrice (linii și stații), îndeosebi a celor de distribuție, în contextul asigurării calității energiei electrice se

vor aborda probleme legate de caracteristicile statice ale sarcinii, influența lor asupra regimului de funcționare a rețelei electrice și elementelor sale componente, optimizarea funcționării instalațiilor stațiilor electrice prin reglarea tensiunii[4.2,4.17-4.22]. Un rol deosebit îl vor avea determinările numerice, interpretarea rezultatelor și stabilirea concluziilor.

#### 4.2.Caracteristicile statice ale sarcinii

Consumatorii electrici răspund și participă la orice modificare a parametrilor electrici și sistemului, influențând comportarea în ansamblu a acestuia. Din acest motiv comportarea lor nu trebuie deloc neglijată. Participarea consumatorilor la modificările mărimilor electrice de sistem este descrisă de caracteristicile consumatorilor. Acestea indică de obicei dependența puterii active și reactive în funcție de tensiune și frecvență[4.25-4.27]. Ele pot fi statice, dacă dependența corespunde regimului permanent (staionar) sau dinamice dacă se referă la un regim dinamic (tranzitoriu). Cunoașterea caracteristicilor statice este foarte importantă în problemele de reglaj a tensiunii sau frecvenței. În cazul general forma caracteristicilor statice este :

$$P=\varphi_1(U,f); \quad Q = \varphi_2 (U,f) \quad (4.1)$$

Din caracteristicile statice se deduc așa numitele caracteristici de reglaj, care reprezintă modificarea puterii consumate în raport cu modificarea mărimii la borne, deci  $dP/dU$ ;  $dP/df$ ;  $dQ/dU$ ;  $dQ/df$ . Aceste caracteristici de reglaj, caracterizează proprietatea consumatorului de a reduce regimul la situația inițială, la apariția unei abateri a tensiunii sau frecvenței. Practic în exploatare se dorește un efect de reglaj pozitiv și cât mai mare.

Desigur, în problemele de rețele electrice este util de cunoscut forma caracteristicilor statice ale consumatorului complex ce apare pe barele de IT sau MT ale stațiilor sau posturilor de transformare, totuși importante sunt și caracteristicile unor consumatori particulari-receptori. Legate de caracteristicile statice ale consumatorului complex problema deosebită care se pune este identificarea acestor caracteristici și ea se poate realiza pe cale analitică prin asamblarea caracteristicilor elementelor componente) sau experimentală (prin prelucrarea datelor intrare-ieșire obținute prin măsurători[4.28]).

Înainte de a trece la abordarea efectivă a caracteristicii lor elementelor componente ale consumatorului complex, este util a menționa faptul că stația de transformare la nivelul sistemului electroenergetic apare ca și un nod de sarcină (fig. 4.2) incluzând linii și transformatoare, diverse categorii de consumatori .

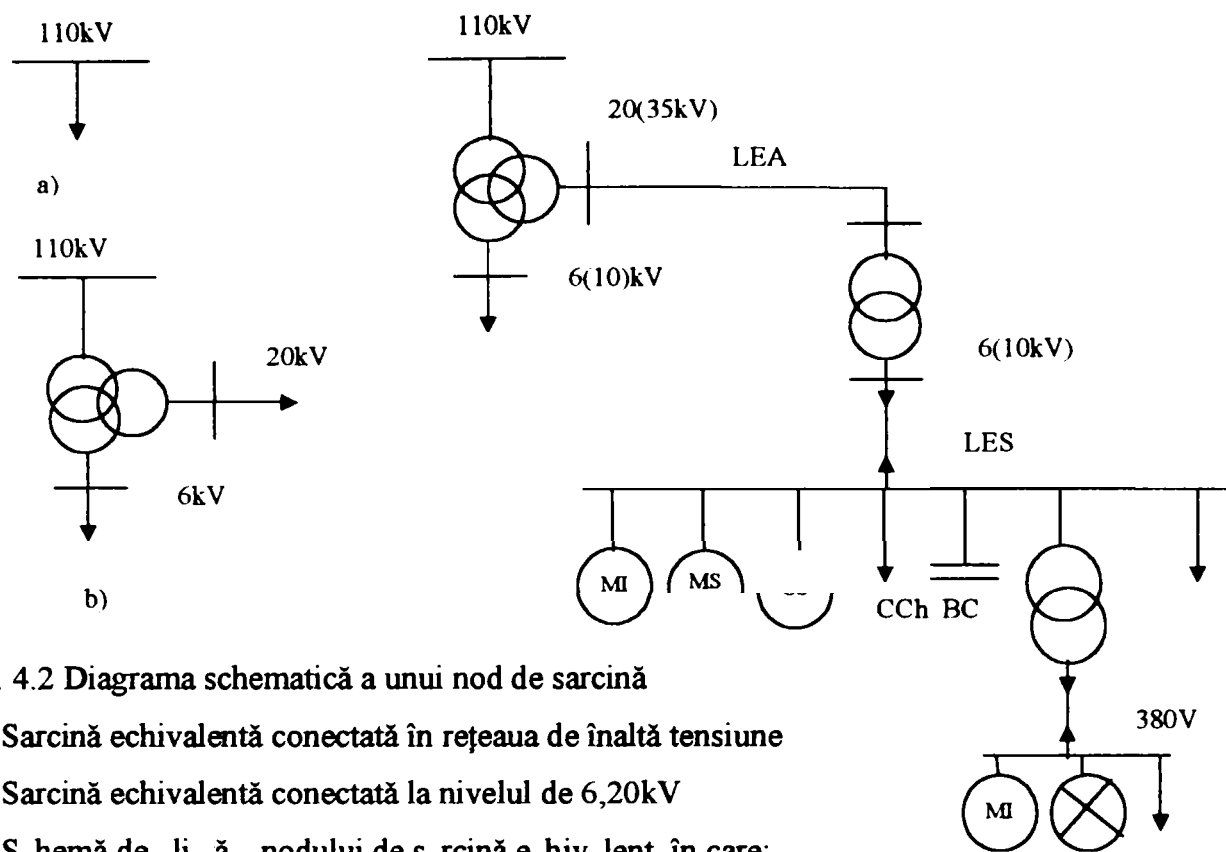


Fig. 4.2 Diagrama schematică a unui nod de sarcină

a) Sarcină echivalentă conectată în rețeaua de înaltă tensiune

b) Sarcină echivalentă conectată la nivelul de 6,20kV

c) Schemă de valoare a nodului de sarcină echivalent, în care:

MI-mașină de inducție, MS-mașină sincronă, CS-compensator sincron, CCh-consumator chimic,

Așa cum rezultă din figura 4.2 pentru nodurile consumatoare ale rețelelor de medie tensiune sunt de mare interes cunoașterea caracteristicilor statice ale mașinilor de inducție, motoarelor sincrone, consumatorilor de tip iluminat.

*Caracteristicile statice ale mașinii (motorului) de inducție*

Pentru schema echivalentă din fig. 4.3, se poate afirma că puterea activă absorbită de motorul asincron corespunde puterii pierdute de rezistența  $R/s$  și ea este egală cu:

$$P = 3I_2^2 R/s = 3 \left[ \frac{U_f}{\sqrt{X^2 + (R/s)^2}} \right]^2 \cdot \frac{R}{s} = \frac{U^2}{X} \cdot \frac{1}{s \frac{X}{R} + \frac{1}{s} \cdot \frac{R}{X}} = \frac{U^2}{X} \cdot \frac{1}{\frac{s}{s_{cr}} + \frac{s_{cr}}{s}} \quad (4.2)$$

Unde  $s_{cr}$  este alunecarea critică  $s_{cr} = R/X$ . această alunecare este dependentă de parametrii motorului asincron și are valori în jur de 10% (0,1). Valoarea maximă a puterii se obține înlocuind valoarea lui  $s_{cr}$  în relația (4.2) și ea este egală cu:

$$P_{max} = U^2 / 2X \quad (4.3)$$

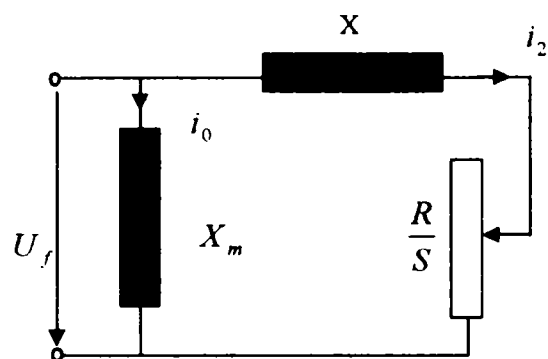


Fig. 4.3. Schema echivalentă simplificată a MI

Puterea nominală a motorului asincron, egală cu puterea mecanică a mașinii antrenate se alege de obicei egală aproximativ cu  $\frac{1}{2}$  din puterea maximă la tensiunea nominală, obținându-se în acest caz o alunecare de ordinul  $s_n = 0,02 - 0,03$  (fig. 4.3). dacă tensiunea se micșorează, de exemplu până la 80% din valoarea nominală, alunecarea crește cu o cantitate  $\Delta_s = 0,025$ . Ca urmare turația motorului se va micșora cu o cantitate procentual egală cu:

$$\Delta n = \frac{\Delta n}{n_n} \cdot 100 = \frac{n_s \cdot \Delta s}{n_s(1-s_n)} \cdot 100 = \frac{\Delta s}{1-s_n} \cdot 100 = \frac{0,025}{1-0,025} \cdot 100 = 2,56\%$$

Deoarece turația motorului se modifică puțin, cuplul rezistent al mașinii antrenate rămâne practic neschimbat și de asemenea puterea electrică absorbită de motorul asincron va rămâne neschimbată. Deci la frecvență nominală, în jurul tensiunii nominale, puterea activă absorbită de motorul asincron rămâne practic constantă, adică efectul de reglaj al puterii active pentru motorul asincron este practic nul ( $\delta P/\delta U \approx 0$ ). Cu toate acestea experimental se constată că la mașini încărcate până la 50%,  $\delta P/\delta U \neq 0$  și are valori de până la 0,1 – 0,2 (Berg, Park, Concardia).

Pentru o frecvență dată, pentru tensiuni de alimentare diferite  $U'$  și  $U''$ , revenind la relația (4.3) se poate scrie că:

$$\frac{P'_{\max}}{P''_{\max}} = \frac{M'_k}{M''_k} = \left(\frac{U'}{U''}\right)^2 \quad (4.4)$$

unde  $M_k$  este cuplul de răsturnare. De asemenea pe baza aceleiași relații, pentru aceeași tensiune, dar frecvența  $f$  și  $f'$  se poate scrie cu suficientă aproximație că:

$$\frac{P'_{\max}}{P''_{\max}} = \frac{f''}{f'} \quad \text{și} \quad \frac{M'_k}{M''_k} = \left(\frac{f''}{f'}\right)^2 \quad (4.5)$$

Revenind la relațiile anterioare, rezultă:

$$\frac{P'_{\max}}{P''_{\max}} = \left(\frac{U'}{U''}\right)^2 \cdot \left(\frac{f''}{f'}\right) \quad \text{și} \quad \frac{M'_k}{M''_k} = \left(\frac{U'}{U''}\right)^2 \cdot \left(\frac{f''}{f'}\right)^2 \quad (4.6)$$

Trebuie remarcat că relațiile (4.6) sunt fundamentale în a ilustra comportarea motorului asincron în condiții de alimentare cu tensiune și frecvență variabilă.

În ceea ce privește caracteristica statică a puterii, reactive, trebuie avut în vedere că aceasta se absoarbe pentru a acoperi consumul în reactanța de magnetizare  $X_m$  și în reactanța de dispersie  $X$ . Puterea reactivă absorbită de reactanța de magnetizare este egală cu:

$$Q_m = \frac{U^2}{X_m} = \frac{U^2}{2\pi \cdot f \cdot L_m} \quad (4.7)$$

iar în cazul saturației  $Q_m = \frac{U^\alpha}{X_m(U)}$  (4.8), unde  $\alpha > 2$ , așa cum se va vedea în cele ce urmează. În

fig. 4.4 se prezintă variația curentului de mers în gol și a reactanței de magnetizare în funcție de mers în gol și a reactanței de magnetizare în funcție de tensiune, iar în fig. 4.5, variația puterii reactive de magnetizare  $Q_m$ .

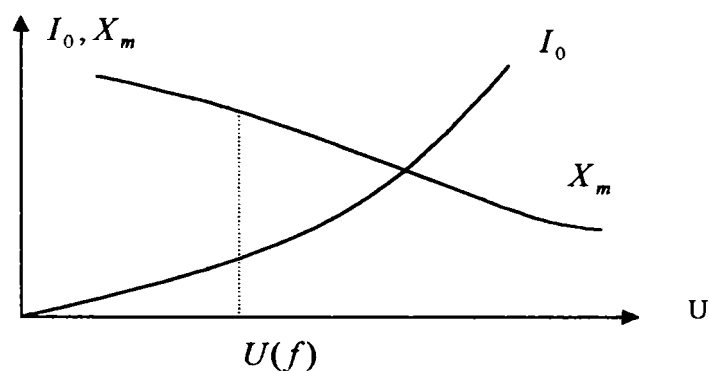


Fig. 4.4. Variația lui  $I_0$ ,  $X_m$  cu tensiunea

Componenta puterii reactive pierdute pe reactanța de dispersie este egală cu

$$Q_x = 3I_2^2 X = 3 \cdot 2\pi f \cdot L_x \cdot I_2^2 \quad (4.8)$$

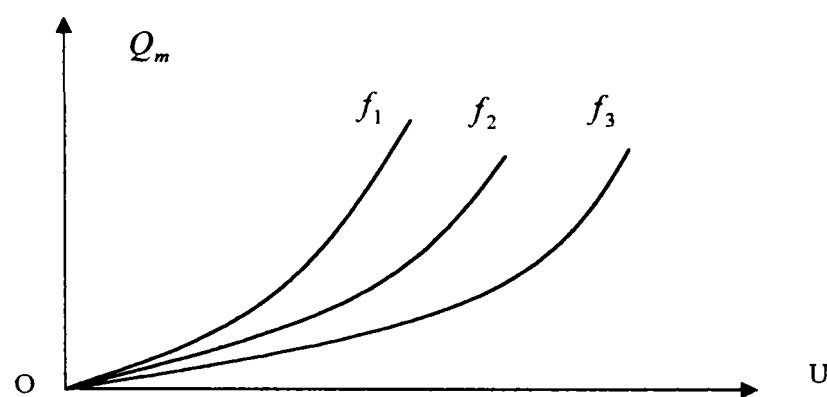


Fig. 4.5. Variația lui  $Q_m$  cu tensiunea și frecvența

$$\text{sau: } Q_x \frac{P_n}{R/s} \cdot X = P_n \cdot \frac{X}{R} \cdot s = P_n \cdot \frac{s}{s_{cr}} \quad (4.9)$$

În fig. 2.7 se prezintă variația lui  $Q_x$  cu tensiunea precum și a puterii reactive totale. Se constată că în jurul tensiunii nominale, la creșterea tensiunii, puterea reactivă crește rapid. De asemenea, odată cu scăderea frecvenței, puterea reactivă absorbită crește rapid.

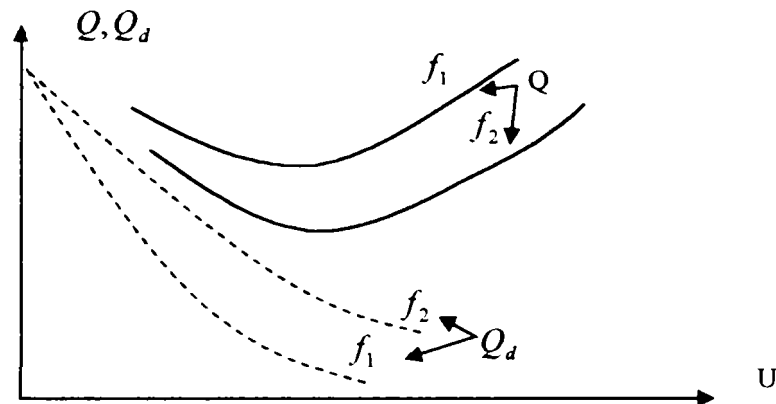


Fig. 4.6. Variația lui  $Q_d$  și  $Q$  cu tensiunea și frecvența

Cât privește valorile efectelor de reglaj în literatură se indică pentru  $\partial Q/\partial U$  valori cuprinse între 0,3-2,5, iar pentru  $\partial Q/\partial f$  valori negative 1,3-2,7.

O relație aproximativă pentru caracteristica statică poate fi prezentată și sub forma:

$$Q = 0,7U^2/\omega + 0,3\omega/U^2 \quad (4.10)$$

și ea are la bază aprecierea valorii raportului puterilor reactive  $Q_m/Q_s$  în punctul de funcționare ca fiind constant și egal cu 7/3. Această ipoteză din păcate, este departe de realitate în cazul încărcărilor diferite de cele nominale.

#### *Caracteristicile statice ale motorului sincron*

Motoarele sincrone au turația riguros constantă, impusă de frecvență, deci cuplul mașinii secundare se păstrează constant. Ca urmare puterea activă absorbită  $P$ , este constantă în raport cu tensiunea, efectul de reglaj  $\partial P/\partial U$  fiind practic nul.

Pentru a obține caracteristicile statice ale puterii reactive se consideră schema echivalentă a mașinii sincrone (fig. 4.7) și diagrama fazorială (fig. 4.8)



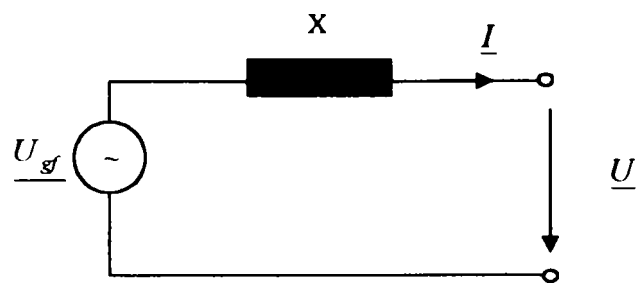


Fig. 4.7 Schema echivalentă a mașinii sincrone

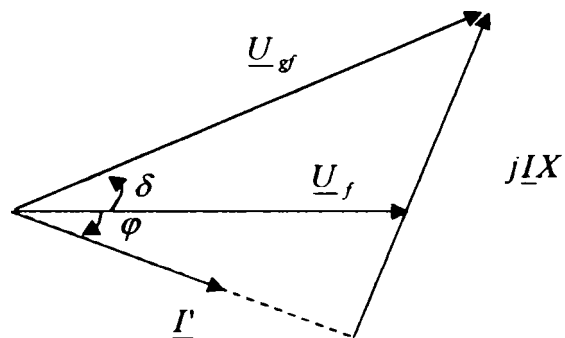


Fig. 4.8. Diagrama fazorială a mașinii sincrone

Curentul debitat de mașina sincronă este egal cu  $\underline{I} = \frac{\underline{U}_g - \underline{U}_f}{jX}$ ,

unde X este reactanța sincronă  $U_g$  – tensiunea electromotoare (determinată de excitație), iar U tensiunea la borne. Puterea aparentă debitată la borne se va obține cu relația:

$$\underline{S}_g = P_g + j \cdot Q_g = 3 \cdot \underline{U}_f \cdot \underline{I} = 3 \cdot \underline{U}_f \frac{\underline{U}_g - \underline{U}_f}{-jX} = j \frac{U \cdot U_g - U^2}{X} \quad (4.11)$$

Dacă se consideră tensiunea la borne U după axa reală, iar tensiunea electromotoare  $U_g$  defazată înainte cu unghiul  $\delta$ ,

$\underline{U} = U$ ,  $\underline{U}_g = U_g \cdot e^{j\delta}$ , iar

$$\underline{S}_g = j \frac{U \cdot U_g (\cos \delta - j \sin \delta) - U^2}{X} \quad (4.12)$$

Puterea consumată de mașina sincronă se obține:

$$\underline{S}_c = \underline{S}_g = P_c + jQ_c = -\frac{UU_g}{X} \cdot \sin \delta + j \frac{U^2 - UU_g \cos \delta}{X} \quad (4.13)$$

Întrucât, așa cum s-a menționat, la funcționarea în regim de motor, puterea absorbită de mașina sincronă este constantă și are valoare finită, unghiul  $\delta$  rezultă negativ:

$$P_c = const = -\frac{U \cdot U_g}{X} \sin \delta, \text{ deci } : \sin \delta = -\frac{P_c \cdot X}{U \cdot U_g} < 0 \quad (4.14)$$

Ca urmare, rezultă dependența puterii reactive de tensiune:

$$Q_c = \frac{U^2 - U \cdot U_g \cdot \cos \delta}{X} \quad (4.15)$$

Se poate observa că puterea reactivă consumată de motorul asincron are maximum în domeniul negativ și aceasta depinde de valoarea tensiunii electromotoare. În domeniul tensiunilor normale de funcționare, efectul de reglaj este pozitiv, adică  $\partial Q/\partial U > 0$  și el are o valoare cu atât mai mare cu cât  $U_g$  este mai mic.

Considerând cuplul mecanic (rezistent) al mecanismului antrenat de forma  $M = k_m \cdot \omega P$ , unde constanta  $k_m$  se determină din condiția de echilibru a puterilor electromagnetice și mecanice în regim staționar:

$$K_m = P_0 / \omega_0^{\beta+1} \quad (4.16)$$

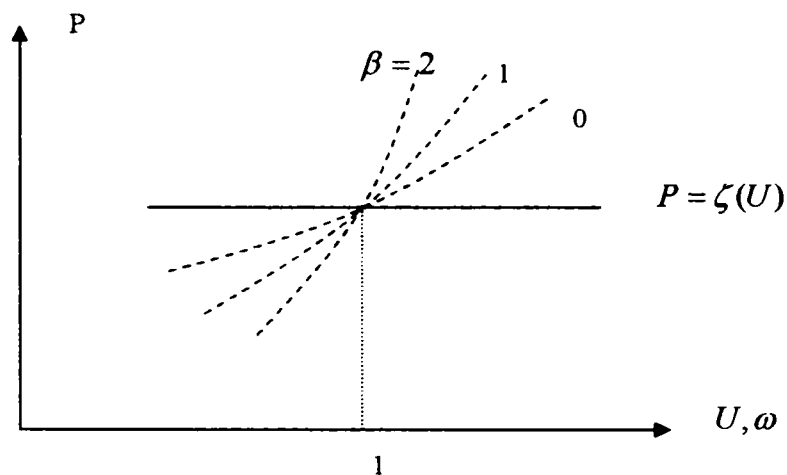


Fig. 4.9 Caracteristicile statice de putere activă funcție de  $U$  și  $\omega$ .

Rezultă expresia caracteristicii statice a puterii active, exprimată în u.r.n. sub forma:

$$P = \omega^{\beta+1} \quad (4.17)$$

reprezentate grafic în fig. 4.9 în funcție de parametrul  $\beta$  al mecanismului antrenat.

Ca urmare efectul de reglaj este egal cu  $\beta+1$ .

#### *Caracteristicile statice ale consumatorilor de iluminat*

Consumul de energie electrică pentru iluminat, apreciat la circa 25% din consumul total urban, se realizează în principal cu două categorii de consumatori de iluminat: a) lămpi cu incandescență și b) lămpi cu descărcare în gaze. Datorită caracteristicilor constructive și funcționale diferite caracteristicile statice trebuie determinate separat pentru fiecare categorie.

Astfel lămpile cu incandescență absorb exclusiv putere activă, dependentă numai de tensiune. Puterea absorbită este variabilă în timp (după conectare) ca urmare a creșterii cu temperatura a rezistenței filamentului lămpii, conform expresiei:

$$P(t) = P_n \cdot (U/U_n)^{\alpha(t)} \quad (4.18)$$

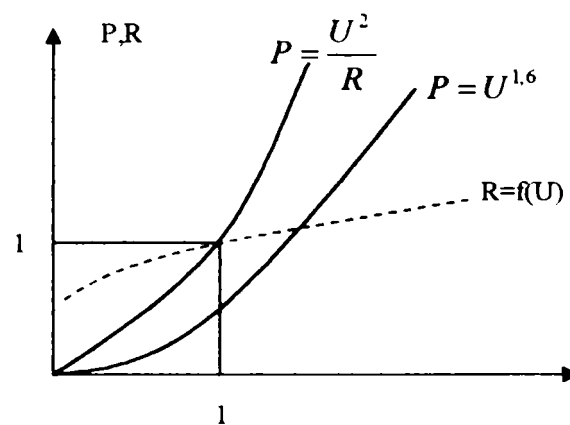


Fig. 4.10 Caracteristicile statice  $P = \varphi(U)$  la lămpi cu incandescență

unde exponentul e se modifică de la 2 la 1,55-1,6 în câteva zecimi de secundă.

După atingerea temperaturii staționare, valoarea exponentului e rămâne constantă, ceea ce permite exprimarea caracteristicii statice de putere activă sub forma:

$$P_r = U_r^{1,55-1,6} \quad (4.19)$$

Sau sub formă liniarizată în jurul punctului de funcționare  $U_0$  ( $U_n$ ),

$$\Delta P = (1,55-1,6) \Delta U \quad (4.20)$$

Lămpile cu descărcare în gaze includ tuburile fluorescente și lămpile cu vapori de mercur. Determinările experimentale pentru caracteristicile statice de putere activă în funcție de tensiune au evidențiat variațiile prezentate în fig. 4.11 și fig. 4.12. Analitic pentru puterea activă se poate scrie relația:

$$P = P_0 \frac{U - U_1}{U_0 - U_1}, \quad (4.21)$$

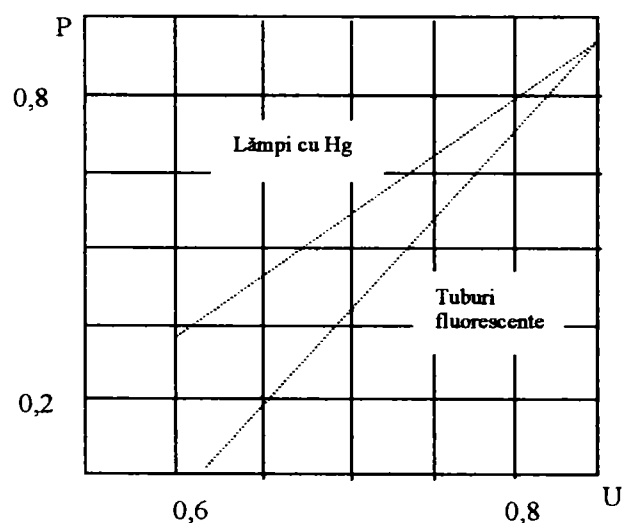


Fig. 4.11 Caracteristicile  $P = f(U)$  pentru lămpi cu descărcare în gaze

unde  $U_i$  este valoarea tensiunii corespunzătoare intersecției caracteristicii statice cu axa absciselor.

Pentru tensiuni de alimentare mai mici decât valoarea critică (0,6-0,7) din  $U_n$  pentru tuburi fluorescente și 0,75-0,35 din  $U_n$  pentru lămpi cu vapori de Hg, arcul electric se stinge, iar curentul prin lampă se reduce la zero.

Caracteristicile statice de putere reactivă funcție de tensiune, determinate experimental indică o variație de asemenea liniară.

Totuși unii autori [4.12], recomandă relații de forma:

$$Q = K_1 e^{K_2 U} \quad (4.22)$$

unde coeficienții  $K_1$  și  $K_2$  au valori foarte dispersate.

Caracteristicile statice de putere activă și reactivă funcție de frecvență, mai puțin tratate în literatură datorită dificultăților de tratare, prezintă efecte de reglaj negative. Oricum de menționat următoarele valori:

$$\partial P / \partial U = 0,7-1,2; \quad \partial Q / \partial U = 2-3; \quad \partial P / \partial f = -1; \quad \partial Q / \partial f = -3.$$

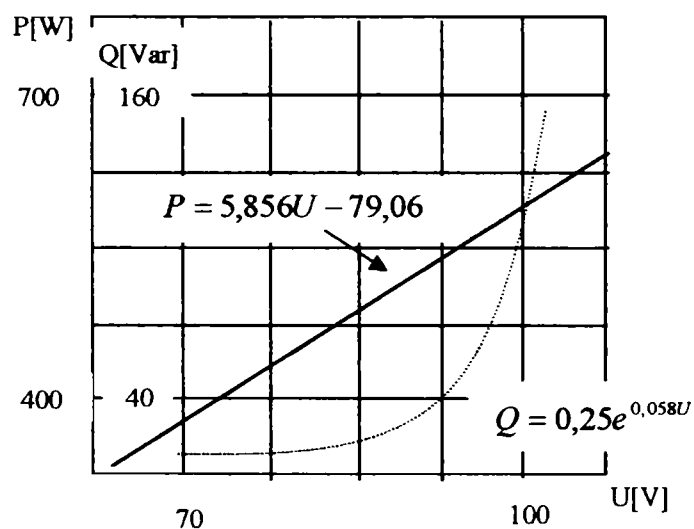


Fig. 4.12 Caracteristicile  $Q(U)$  pentru lămpi cu descărcare în gaze

*Caracteristicile statice ale consumatorilor termici rezistivi*

Consumatorii termici absorb o putere activă proporțională cu pătratul tensiunii, adică

$$P = K_2 \cdot U^2 \quad (4.23)$$

Puterea reactivă absorbită este nulă, dar acești consumatori fiind de putere mare vor determina pierderi de putere reactivă mari pe reactanța rețelei de legătură până la punctul de alimentare, pierderi ce trebuie luate în considerare. Aceste pierderi determină un consum de putere reactivă aproximativ proporțională cu pătratul tensiunii , adică :

$$Q = K_2 U^2 \quad (4.24)$$

#### *Caracteristicile statice ale consumatorilor de tip redresoare*

Redresoarele cu puteri nominale mari și reglaj electronic complex, au devenit în ultimul timp consumatori frecvenți ai rețelelor electrice. Ponderea lor medie de (5-7)% din consumul total de energie electrică, devine mult mai mare în golurile de sarcină, datorită consumului practic constant al acestora. Dintre principalii consumatori alimentați prin intermediul redresoarelor au fost considerate cuptoarele pentru topirea aluminiului, uzinele pentru producerea clorului, instalațiile de galvanizare și cromare, instalațiile de încărcare a bateriilor de acumulatori.

Redresoarele de mare putere constau în general dintr-un număr de punți conectate în serie și (sau) paralel, fiecare punte fiind rotită ca fază față de celelalte. Cu o astfel de configurație se poate obține un număr mare de pulsuri, rezultând distorsiuni minime în tensiunea de alimentare, chiar și în absența filtrajului. Ele pot fi modelate printr-o singură punte echivalentă alimentată cu o tensiune sinusoidală la borne, fig. 4.13. Ca posibilități de reglaj se consideră schimbarea ploturilor prizei transformatorului de alimentare ( $k_{tr}$ ), sau a reactanței bobinei de reglaj saturabile, pentru redresoare cu diode fie modificarea unghiului de întârziere  $\alpha$  pentru cele tiristoare. Toate aceste metode de reglaj, diferite, pot fi modelate printr-un redresor comandat, impunând limite adecvate unghiului de întârziere  $\alpha$  pentru cele cu tristoare. Toate aceste metode de reglaj, diferite, pot fi modelate printr-un redresor comandat, impunând limite adecvate unghiului de întârziere  $\alpha$ . Dacă se consideră regimul de referință caracterizat prin  $U_0, P_0, Q_0$ , la o altă valoare a tensiunii  $U$  se poate scrie:

$$P/P_0 = \frac{U}{U_0} \cdot \frac{kU - E_c}{kU_0 - E_c} \quad (4.25), \text{ sau apelând la unități relative:}$$

$$P_r = U_r \cdot \frac{U_r - E_r}{1 - E_r} \quad (4.26), \text{ unde } E_r = E_c/kU_0$$

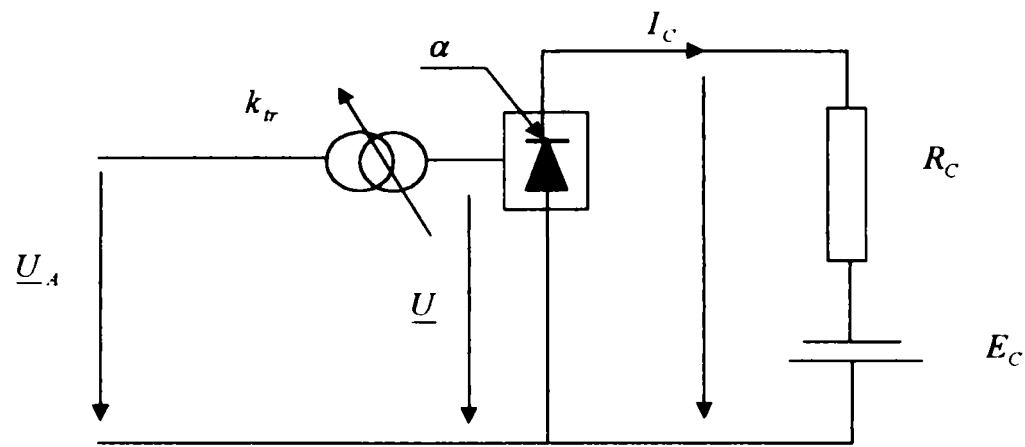


Fig. 4.13. Schema echivalentă a unui redresor

Caracteristica statică de putere reactivă funcție de tensiune exprimată în u.r.n. prezintă același efect de reglaj ca și aceea de putere activă. Neglijând puterea deformată și reactanța de comutație, puterea reactivă absorbită de redresor  $Q = P \cdot \operatorname{tg} \alpha$ , pentru  $\alpha$  constant, prezintă aceeași caracteristică de tensiune ca și puterea activă exprimată în u.r.n. ( $Q_0 = P_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ).

Oricum determinarea valorilor parametrilor caracteristicilor statice ale redresoarelor implică cunoașterea mărimilor sale caracteristice, în regimul de funcționare considerat ( $E_{co}$ ,  $U_{co}$ ,  $\alpha_0$ ,  $k$ ). valorile medii ale efectelor de reglaj pentru redresoare fără reglaj de curent sunt:

$\partial P / \partial U = 3-4$ ;  $\partial Q / \partial U = 5-8$  pentru electrochimie și  $\partial P / \partial U = 2,4$ ,  $\partial Q / \partial U = 1,6$  pentru uzinele de aluminiu.

#### *Caracteristicile statice ale consumatorului complex*

Caracteristicile statice ale consumatorului complex, se obțin prin însumarea caracteristicilor statice ale consumatorilor componenți. Alura caracteristicii rezultate depinde pe de o parte de tipurile consumatorilor componenți racordați la bara de consum a rețelei (sistemului), iar pe de altă parte de ponderea ( $p$ ,  $q$ ) fiecărui consumator în consumul total, adică:

$$\begin{aligned} P(U) &= \sum p_i \cdot P_i(U) \\ Q(U) &= \sum q_i \cdot Q_i(U) \end{aligned} \quad (4.27)$$

în care  $P_i(U)$  și  $Q_i(U)$  sunt funcțiile de dependență ale puterii active și reactive absorbite de consumatorul de tip "i" în raport cu tensiunea.

Ponderea diverselor tipuri de consumatori în cadrul consumatorului complex (nivel de MT, IT) depinde de tipul consumatorului complex și de nivelul de tensiune al barei la care se determină caracteristica. Astfel, considerând următoarea structură a consumului:

- motoare de inducție mici 34%;
- motoare de inducție mari 14%;
- iluminat și consum casnic 25%;
- cuptoare și redresoare 10%;
- motoare sincrone 10%;
- pierderi în rețea 7%,

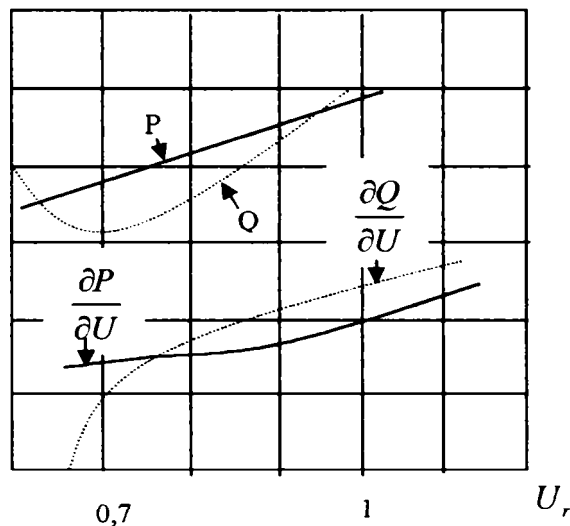


Fig. 4.14 Caracteristicile de tensiune ale consumatorului complex

În fig. 4.14 se prezintă caracteristicile statice ale consumatorului complex în funcție de tensiune, precum și caracteristicile de reglaj corespunzătoare.

Din analiza celor prezentate, se constată că la creșterea tensiunii în jurul tensiunii nominale, puterea activă crește ușor, pe când aceea reactivă crește simțitor.

Ca urmare, situația cea mai grea, atât sub aspectul creșterii pierderilor de putere, și de tensiune, cât și a creșterii uzurii căilor de curent a mașinilor și instalațiilor, apare la creșterea tensiunii.

În S.U.A. s-au dezvoltat diferite modele de caracteristici de sarcină pentru consumatorii lor reprezentativi[3.37]. Componentele modelelor ce apar în tabelul 4.1 și 4.2 pot fi combinate și sintetizate pentru a crea modele mai reprezentative. Aceste modele reprezentative se împart în două forme de bază: exponențiale și polinomiale.

### Modele exponențiale

Forma exponențială se regăsește atât pentru puterea activă cât și pentru puterea reactivă, în ecuațiile 4.28 și 4.29.

$$P = P_0 \left[ \frac{U}{U_0} \right]^{\alpha_r} \left[ \frac{f}{f_0} \right]^{\alpha_f} \quad (4.28)$$

$$Q = Q_0 \left[ \frac{U}{U_0} \right]^{\beta_r} \left[ \frac{f}{f_0} \right]^{\beta_f} \quad (4.29)$$

Tabelul 4.1 Modelele statice ale componentelor tipice de sarcină- aparate de uz casnic

Componentele sarcinii	Modelul caracteristicii statice
Aer condiționat	$P=1+0.4311 \Delta U+0.9507 \Delta T+2.07 \Delta U^2+2.3088 \Delta T^2-0.9 \Delta U \Delta T$ $Q=0.3152+0.6636 \Delta U+0.543 \Delta U^2+5.422 \Delta U^3+0.839 \Delta T^2-1.455 \Delta U \Delta T$
Mașină termică	$P=1+0.4539 \Delta U+0.2860 \Delta T+1.314 \Delta U^2-0.024 \Delta U \Delta T$ $Q=0.9399+3.013 \Delta U-0.1501 \Delta T+7.3460 \Delta U^2-0.312 \Delta T^2-0.216 \Delta U \Delta T$
Frigider	$P=1+1.3958 \Delta U+9.881 \Delta U^2+84.72 \Delta U^3+293 \Delta U^4$ $Q=1.2507+4.387 \Delta U+23.801 \Delta U^2+1540 \Delta U^3+555 \Delta U^4$
Răcitor	$P=1+1.3286 \Delta U+12.616 \Delta U^2+133.6 \Delta U^3+380 \Delta U^4$ $Q=1.3810+4.6702 \Delta U+27.276 \Delta U^2+293 \Delta U^3+995 \Delta U^4$
Mașină de spălat	$P=1+1.2786 \Delta U+3.099 \Delta U^2+5.939 \Delta U^3$ $Q=1.6388+4.5733 \Delta U+12.948 \Delta U^2+55.677 \Delta U^3$
Uscător de rufe	$P=1-0.1968 \Delta U+3.6372 \Delta U^2+28.32 \Delta U^3$ $Q=0.209+0.518 \Delta U+0.363-4.7574 \Delta U^3$
Tv	$P=1+1.2471 \Delta U+0.562 \Delta U^2$ $Q=0.2431+0.9830 \Delta U+1.647 \Delta U^2$
Lampă fluorescentă	$P=1+0.6534 \Delta U-1.65 \Delta U^2$ $Q=-0.1535-0.0403 \Delta U+2.734 \Delta U^2$
Lampă cu vapori de mercur	$P=1+0.1309 \Delta U-0.504 \Delta U^2$ $Q=-0.2524+2.3329 \Delta U+7.811 \Delta U^2$
Lampă cu vapori de sodiu	$P=1+0.3409 \Delta U-2.389 \Delta U^2$ $Q=0.060+2.2173 \Delta U+7.620 \Delta U^2$
Cuptor cu microunde	$P=1+0.0974 \Delta U+2.071 \Delta U^2$ $Q=0.2039+1.3130 \Delta U+8.738 \Delta U^2$
Autogaizer	$P=1+0.3769 \Delta U-2.003 \Delta U^2$ $Q=0$
Radiator	$P=1+2 \Delta U+ \Delta U^2$ $Q=0$



Tabelul 4.2 Modelele statice ale componentelor tipice de sarcină- transformatoare și motoare

Componentele sarcinii	Modelul static al componentei
Modelul pierderilor in miezul transformatorului	$P = \frac{\text{Puterea nominala [kVA]}}{\text{Puterea de baza a sistemului [kVA]}} \cdot \left[ 0.00267 U^2 + 0.73 \cdot 10^{-9} \cdot e^{13.5V^2} \right]$ $Q = \frac{\text{Puterea nominala [kVA]}}{\text{Puterea de baza a sistemului [kVA]}} \cdot \left[ 0.00167 U^2 + 0.268 \cdot 10^{-13} \cdot e^{22.76V^2} \right]$ <p>Unde U este valoarea unitară absolută a tensiunii</p>
Cuplul constant al motorului	$P = 1 + 0.5179 \Delta U + 0.9122 \Delta \tau + 3.721 \Delta U^2 + 0.35 \Delta \tau^2 - 1.326 \Delta U \Delta \tau$ $Q = 0.9853 + 2.7796 \Delta U + 0.0859 \Delta \tau + 7.368 \Delta U^3 + 0.218 \Delta \tau^2 - 1.799 \Delta U \Delta \tau$
Cuplul variabil al motorului	$P = 1 + 0.7101 \Delta U + 0.9073 \Delta \tau + 2.13 \Delta U^2 + 0.245 \Delta \tau^2 - 0.310 \Delta U \Delta \tau$ $Q = 0.9727 + 2.7621 \Delta U + 0.077 \Delta \tau + 6.432 \Delta U^3 + 0.174 \Delta \tau^2 - 1.412 \Delta U \Delta \tau$

Tabelul 4.3 Dependența parametrilor de tensiune și frecvență ai sarcinilor statice

Componente/ parametrii	pf	$\alpha_U$	$\alpha_f$	$\beta_U$	$\beta_f$	$N_m$	pf <sub>nm</sub>	$\alpha_{U_{nm}}$	$\alpha_{f_{nm}}$	$\beta_{U_{nm}}$	$\beta_{f_{nm}}$
Radiator	1	2	0	0	0	0	-	-	-	-	-
Mașină termică	0.84	0.2	0.9	2.5	-1.3	-0.9	1	2	0	0	0
Aer condiționat	0.81	0.2	0.9	2.5	-2.7	1	-	-	-	-	-
Autogaizer	1	2	0	0	0	0	-	-	-	-	-
Frigider și răcitor	0.84	0.8	0.5	2.5	-1.4	0.8	1	2	0	0	0
Mașină de spălat vase	0.99	1.8	0	3.5	-1.4	0.8	1	2	0	0	0
Mașină de spălat rufe	0.65	0.08	2.9	1.6	1.8	1	-	-	-	-	-
Bec incandescent	1	1.54	0	0	0	0	-	-	-	-	-
Uscător de rufe	0.99	2	0	3.3	-2.6	0.2	1	2	0	0	0
TV	0.77	2	0	5.2	-4.6	0	-	-	-	-	-
Mașină termică comercială	0.84	0.1	1	2.5	-1.3	-0.9	1	2	0	0	0
Aer condiționat central comercial	0.75	0.1	1	2.5	-1.3	-0.9	-	-	-	-	-
Lampă fluorescentă	0.9	0.08	1	3	-2.8	0	-	-	-	-	-
Motoare	0.87	0.08	2.9	1.6	1.8	1	-	-	-	-	-
Electroliză	0.9	1.8	-0.3	2.2	0.6	0	-	-	-	-	-
Cuptor	0.72	2.3	-1	1.61	-1	0	-	-	-	-	-
Motoare industriale mici	0.83	0.1	2.9	0.6	-1.8	1	-	-	-	-	-
Motoare industriale mari	0.89	0.05	1.9	0.5	1.2	1	-	-	-	-	-
Pompe de apă pentru agricultură	0.85	1.4	5.6	1.4	4.2	1	-	-	-	-	-

Primii șase parametri depind componenta motoare iar următorii cinci parametri de componenta nonmotoare a sarcinii de tip rezistiv unde:

$pf$  – factorul de putere al sarcinii

$\alpha_U, \beta_U, \alpha_f, \beta_f$  - exponenții pentru dependența tensiunii și frecvenței asociați cu puterea activă respectiv reactivă

$N_m$  - este componenta motoare a sarcinii de exemplu atât frigiderul cât și răcitorul au 80% sarcină motoare

$pf_{nm}$  - factorul de putere al sarcinii nonmotoare

$\alpha_{U_{nm}}, \beta_{U_{nm}}, \alpha_{f_{nm}}, \beta_{f_{nm}}$  - exponenții pentru dependența tensiunii și frecvenței asociați cu puterea activă respectiv reactivă nonmotoare

Deoarece frigiderul cât și răcitorul au 80% sarcină motoare ( $N_m=0.8$ ) rezultă că componenta nonmotoare este 20%.

### *Modele polinomiale*

Forma polinomială este utilizată adesea în calcule complexe de sistem. Tensiunea are o dependență de gradul 2 iar frecvența este de gradul 1. Acest model se exprimă ca:

$$P=P_0 \left[ a_0 + a_1 \left( \frac{U}{U_0} \right) + a_2 \left( \frac{U}{U_0} \right)^2 \right] [1 + D_p \Delta f] \quad (4.30)$$

$$Q=Q_0 \left[ b_0 + b_1 \left( \frac{U}{U_0} \right) + b_2 \left( \frac{U}{U_0} \right)^2 \right] [1 + D_q \Delta f] \quad (4.31)$$

$$a_0 + a_1 + a_2 = 1$$

$$b_0 + b_1 + b_2 = 1$$

$D_p$  =coeficient unitar de amortizare al frecvenței puterii active

$D_q$  =coeficient unitar de amortizare al frecvenței puterii reactive

$\Delta f$  = deviația(abaterea)unitară de la valoarea programată

### *Sinteza modelelor polinomiale și exponențiale*

Tipurile anterioare de modele pot fi combinate pentru a obține modelul static sintetizat care oferă o mai mare acuratețe în reprezentarea caracteristicilor de sarcină. Expresiile matematice pentru aceste modele unitare sunt:

$$P_u = \frac{P_{poly} + P_{exp1} + P_{exp2}}{P_0} \quad (4.32)$$

$$Q_u = \frac{Q_{poly} + Q_{exp1} + Q_{exp2}}{P_0} \quad (4.33)$$

unde

$$P_{poly} = a_0 + a_1 \left( \frac{V}{V_0} \right) + a_3 \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \quad (4.34)$$

$$P_{exp1} = a_4 \left( \frac{V}{V_0} \right)^{a_1} [1 + D_{p1} \Delta f] \quad (4.35)$$

$$P_{exp2} = a_5 \left( \frac{V}{V_0} \right)^{a_1} [1 + D_{p2} \Delta f] \quad (4.36)$$

Expresiile pentru componentele reactive au structuri similare.

Tabelul 4.4. Caracteristica de amortizare a frecvenței sarcinii statice

Componenta	Parametrii frecvenței	
	$D_p$	$D_q$
Aer condiționat trifazic	1,09818	-0,663828
Aer condiționat monofazic	0,994208	-0,307989
Claorifer electric	0,528878	-0,140006
Autogaizer, cuptor electric	0	0
Uscător de haine	0	-0,311885
Frigider	0,664158	-1,10252
Bec incandescent	0	0
Bec fluorescent	0,887964	-1,16844
Motor	1,6	-0,6

Modelele exponențial și polinomial au o reprezentare bună privind tensiunea nominală și estimată. Acuratețea modelului exponențial se deteriorează când tensiunea depășește semnificativ valoarea nominală. Acuratețea modelului polinomial se deteriorează când tensiunea scade semnificativ sub valoarea nominală, când coeficientul  $a_0=0$ . În practică este folosit adesea modelul polinomial, dar când tensiunea scade sub o valoare predeterminată este schimbată cu modelul exponențial.

#### 4.3. Modificarea pierderilor de putere în rețelele electrice la variația tensiunii și frecvenței

Fie un element longitudinal de rețea de rezistență R, la capătul căruia se absorb puterile  $P_n$  și  $Q_n$  în condiții de funcționare cu  $U_r$  și  $f_r$  (fig. 4.15); la modificarea tensiunii cu  $\Delta U$  și a frecvenței cu  $\Delta f$ , raportul pierderilor de putere activă este:

$$\frac{\Delta P}{P_n} = \Delta P_n = \frac{\left( 1 + \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial P}{\partial f} \Delta f \right)^2 + tg^2 \varphi_n \left( 1 + \frac{\partial Q}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial Q}{\partial f} \Delta f \right)^2}{1 + tg^2 \varphi_n} \cdot \left( \frac{U_n}{U} \right)^2 \quad (4.37)$$

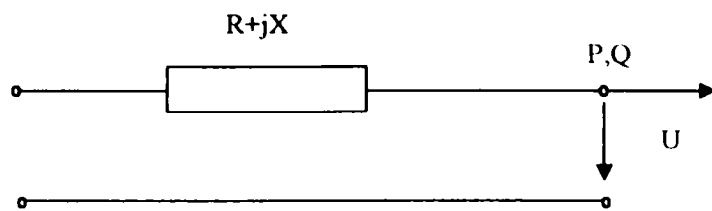


Fig. 4.15 Element longitudinal de rețea

în care  $\Delta U = U - U_n$ , iar  $\text{tg}\varphi_n$  corespunde factorului de putere natural. Pentru diferite valori ale lui  $\Delta U$  și respectiv  $\Delta f$ , separând efectul variației de tensiune și respectiv frecvență adoptând pentru coeficienții de reglaj valorile considerate în paragraful anterior, se pot trasa grafic dependențele  $\Delta P_r = \varphi_1(U_r, \cos\varphi)$  și  $\Delta P_r = \varphi_2(f_r, \cos\varphi)$  în fig. 4.16 și 4.17.

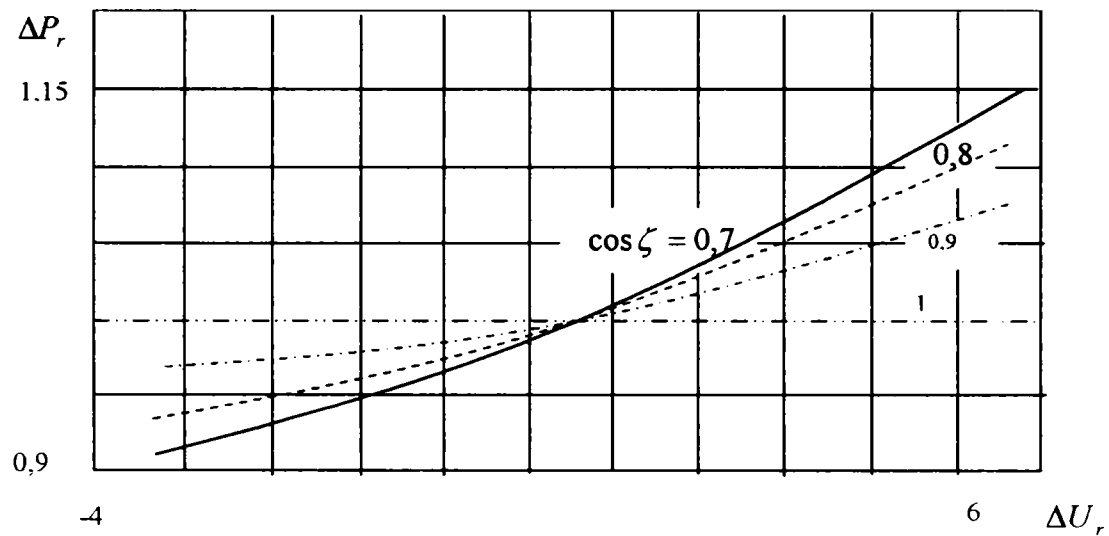


Fig. 4.16. Variația pierderilor de putere  $\Delta P_r$  cu  $\Delta U_r$  și factorul de putere al consumatorului

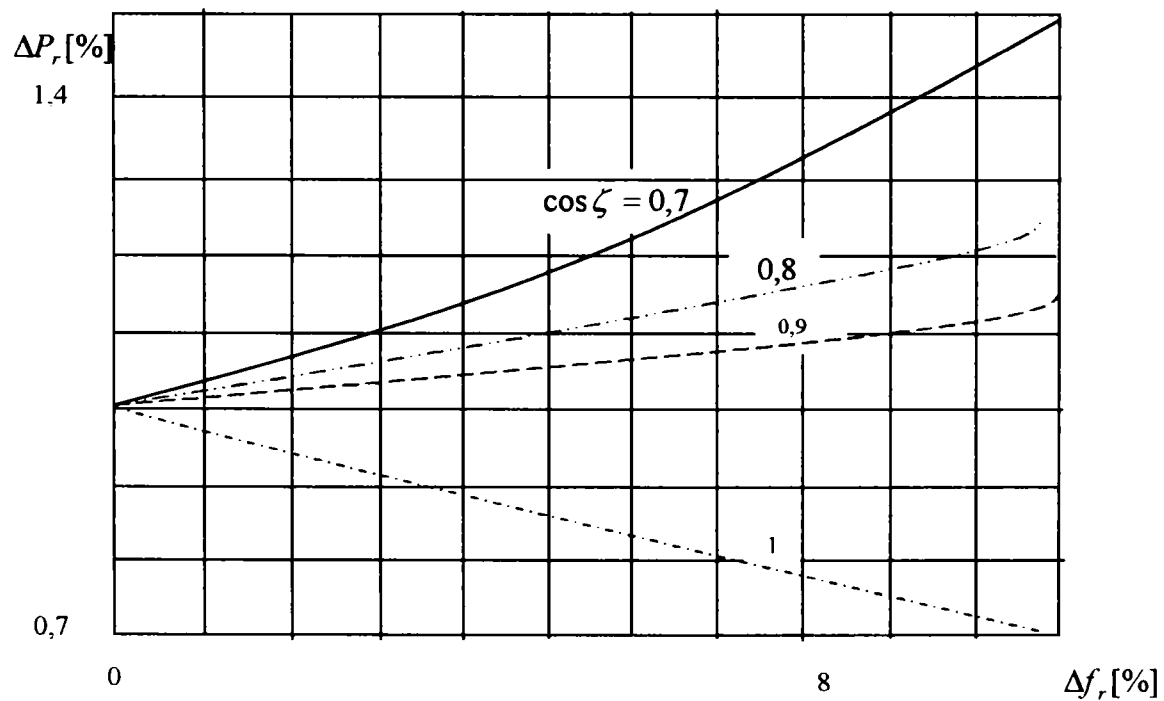


Fig. 4.17 Variația pierderilor de putere  $\Delta P_r$  cu  $\Delta f_r$  și factorul de putere al consumatorului

Din analiza graficelor trasate se desprind următoarele concluzii:

- la scăderea tensiunii (frecvența =ct), pierderea de putere scade, iar la creșterea tensiunii crește, variația pierderii de putere este cu atât mai pronunțată cu cât factorul de putere al sarcinii este mai scăzut;
- la scăderea frecvenței, pierderea de putere se modifică diferit, crește sau scade, după cum ponderea o deține tendința de creștere a sarcinii reactive sau de micșorare a celei active.

#### 4.4. Modificarea factorului de putere în nodurile rețelelor de distribuție

Fie N nodul de consum al unei rețele de distribuție, fig. 4.18, în care se absorb puterile activă  $P_c$ , reactivă  $Q_c$  și se debitează o putere capacitivă  $Q_k$  de către bateria de condensatoare. Astfel încât în condiții de alimentare nominale ( $U_n, f_n$ ) să se asigure factorul de putere impus.

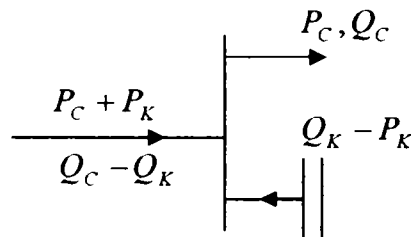


Fig. 4.18 Nod de rețea

Astfel, pentru nodul N, dinspre rețea se poate scrie:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_c - Q_k}{P_c + P_k} = \frac{Q_{cn} + \Delta Q_c - Q_{kn} - \Delta Q_k}{P_{cn} + \Delta P_c + P_{kn} + \Delta P_k} \quad (4.38)$$

iar în condițiile de alimentare cu tensiune și frecvență nominală:

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{Q_{cn} - Q_{kn}}{P_{cn} - P_{kn}} \quad (4.39)$$

Ca urmare se poate scrie că:

$$\operatorname{tg} \varphi / \operatorname{tg} \varphi_n = 1 + \frac{\Delta Q_c - \Delta Q_k}{Q_{cn} - Q_{kn}} \cdot \frac{1}{1 + (\Delta P_c + \Delta P_k) / (P_{cn} + P_{kn})} \quad (4.40)$$

sau dacă se fac notațiile:

$$\alpha_j = \frac{\Delta A_j}{A_{jn}} / \frac{\Delta U}{U_n}; \quad \beta_j = \frac{\Delta A_j}{A_{jn}} / \frac{\Delta f}{f_n} \quad (j=1,2,3; A_j = Q_c, Q_k, P_c), \quad \gamma = \frac{Q_{kn}}{Q_{cn}}$$

iar  $\Delta P_k / P_{cn} \approx 0$ , se obține:

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_n} \approx 1 + \frac{\alpha_1 \cdot \Delta U_r + \beta_1 \cdot \Delta f_r \cdot \gamma (\alpha_2 \cdot \Delta U_r + \beta_2 \Delta f_r)}{1 - \gamma} \cdot \frac{-1}{1 + \alpha_3 \Delta U_r + \beta_3 \Delta f_r} \quad (4.41)$$

Cunoscându-se valoarea raportului  $\operatorname{tg} \varphi / \operatorname{tg} \varphi_n = y$ , se deduce valoarea raportului  $\cos \varphi / \cos \varphi_n = x$ , cu relația:

$$x = [A / (y^2 (A - 1) + 1)]^{1/2} \quad (4.42)$$

Adoptând pentru coeficienții de reglaj valorile cunoscute, de la paragrafele anterioare, iar pe  $\gamma$  luându-l 0,582, în fig. 4.19 se prezintă variația raportului  $\cos \varphi / \cos \varphi_n$  în funcție de  $\Delta U_r$  și  $\Delta f_r$ .

De remarcat din figură că la  $f = 47,5$  Hz și o tensiune (înlănțuită joasă) de 399 V, factorul de putere scade la valoarea de 0,735, adică cu 14,7%.

Desigur, este util a cunoaște valoarea raportului  $\Delta U / \Delta f$  pentru care factorul de putere nu se modifică. În acest scop se anulează numărătorul fracției din relația (4.40), obținându-se expresia:

$$\frac{\Delta U_r}{\Delta f_r} = \frac{\beta_2 \gamma - \beta_2}{\alpha_1 - \gamma \alpha_2} \quad (4.43)$$

Cu valorile adoptate anterior pentru coeficienții de reglaj, în fig. 4.17 se prezintă variația raportului  $\Delta U_r / \Delta f_r$  în funcție de  $\gamma$ .

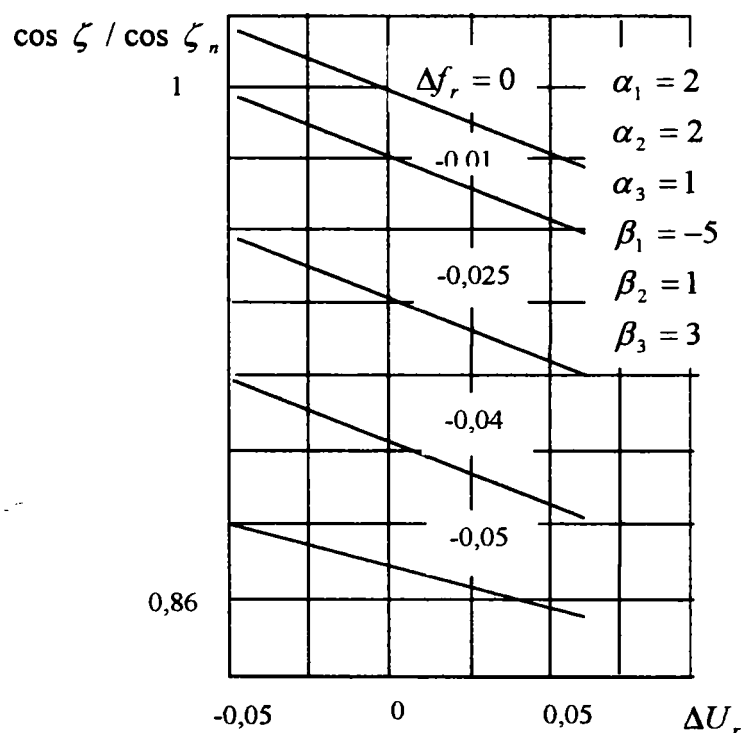


Fig. 4.19 Variația raportului  $\cos \varphi / \cos \varphi_n$  la modificarea tensiunii și frecvenței

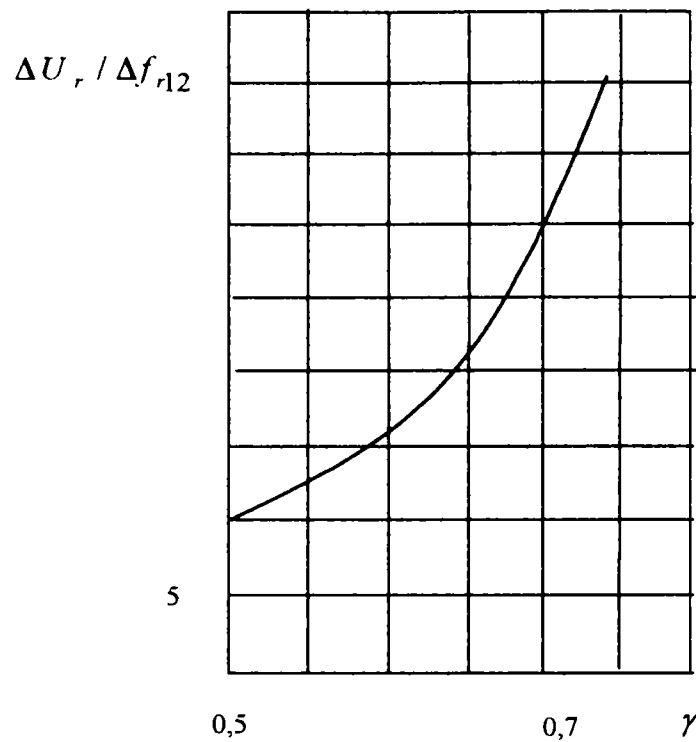


Fig. 4.20 Variația raportului  $\Delta U_r / \Delta f_r$  în funcție de  $\gamma$  pentru asigurarea lui  $\cos\varphi = \text{ct}$ .

Se poate constata că pentru a se asigura constanta factorului de putere, modificarea frecvenței trebuie urmată de aceea a tensiunii în același sens și într-o măsură mult mai mare. Practic acest lucru nu este posibil și pentru a readuce factorul de putere la valoarea anterioară (obișnuit o valoare impusă) este necesară o putere reactivă de compensare suplimentară  $Q_{ks}$ , ea depinde de puterile absorbite în nod și firește de valoarea factorului de putere impus. Relația de calcul folosită este:

$$Q_{ks}^H = \frac{Q_{ks}}{P_c} = \frac{\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi_i}{1 + \text{tg}\varphi_i \cdot P_k} \quad (4.44)$$

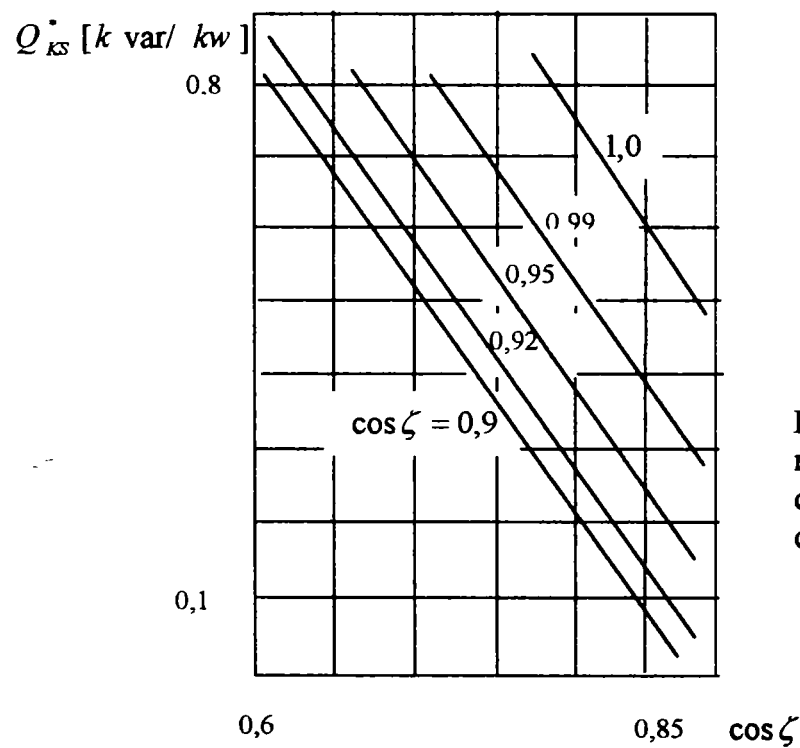


Fig. 4.21 Variația puterii reactive suplimentare de compensare în funcție de  $\cos\varphi$  și  $\cos\varphi_i$

în care  $P_k$  sunt pierderile specifice de putere activă în baterie. Pentru  $\cos\varphi_1 = 0,9 - 1,0$  în fig. 4.21, se prezintă variația puterii suplimentare de compensare  $Q_{ks}^H$  în funcție de factorul de putere existent anterior compensării suplimentare.

Se constată că puterea suplimentară de compensare, crește odată cu creșterea factorului de putere impus și cu scăderea factorului de putere al consumatorului.

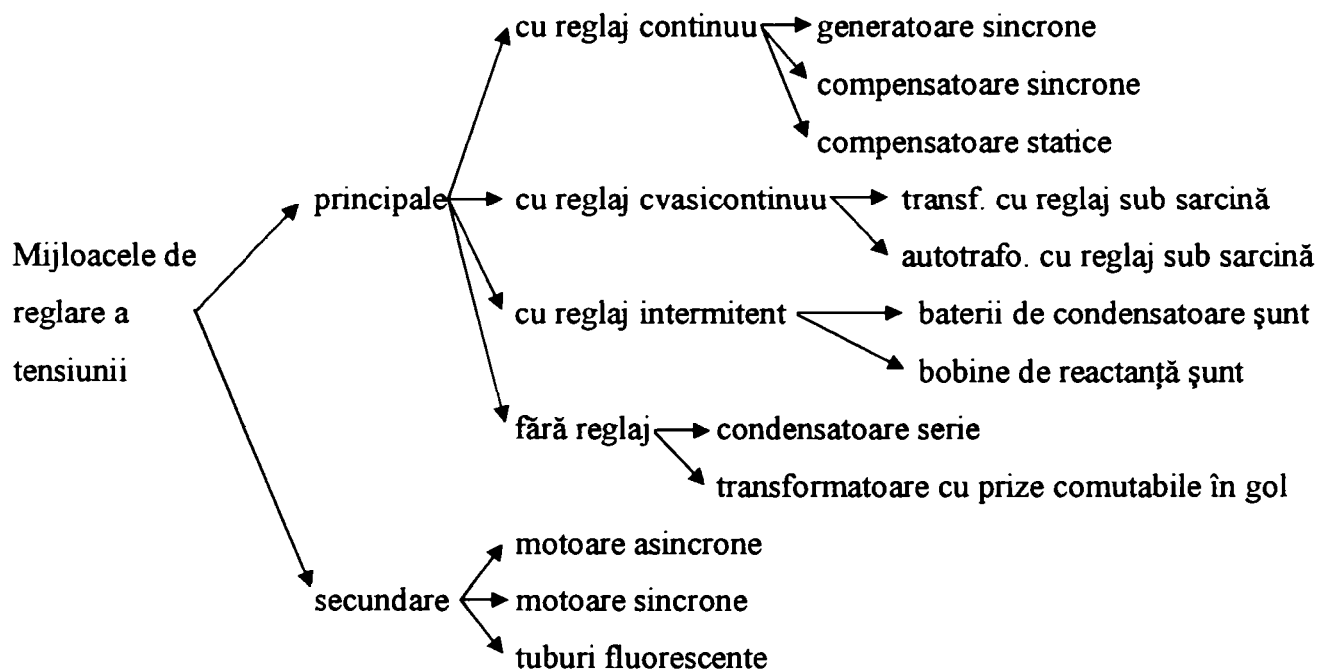
#### 4.5. Considerarea reglajului tensiunii în soluționarea problemei de reconfigurare

Reglarea tensiunii are ca scop menținerea modului tensiunii în toate nodurile sistemului electroenergetic la valori cât mai apropiate de valoarea nominală[4.1].

Obiectivele cele mai importante ce se urmăresc prin reglarea tensiunii sunt:

- menținerea unor nivele de tensiune cât mai avantajoase la barele stațiilor de transformare și a consumatorilor
- îngustarea benzilor de variație a tensiunii și încadrarea lor în zona favorabilă
- reducerea la minim a pierderilor de putere și energie în rețele
- reducerea numărului de comutări a ploturilor transformatoarelor din stațiile de alimentare

Mijloacele de reglaj a tensiunii prezentate sintetic sunt următoarele:



Reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție ce consideră drept obiectiv calitatea tensiunii, ține cont de fapt de reglajul local al tensiunii în nodurile de consum (comutarea bateriilor de condensatoare, adoptarea potrivită a ploturilor la transformatoare, compensatoarele statice) ținând să asigure noua schemă de funcționare cu tensiuni cvasioptime în noduri și cu număr minim de manevre ale comutatorului de ploturi respectiv ale bateriilor de condensatoare[4.16,4.34-4.36].



Literatura de specialitate apreciază că reglajul local (tensiune-putere reactivă) în noduri are ca obiectiv principal optimizarea nivelului tensiunilor, iar minimizarea pierderilor de putere activă este un obiectiv important, dar secundar față de nivelul tensiunilor[4.34-4.36]. Observația este desigur esențială și ea stă la baza realizării acestei lucrări.

În continuare se vor prezenta câteva aspecte legate de calculul prizelor de funcționare a transformatoarelor în condițiile în care consumatorul alimentat este prevăzut sau nu cu baterie de condensatoare comutabilă.

#### Calculul prizelor de funcționare a transformatoarelor

Se consideră o rețea electrică ce alimentează un consumator de putere  $\underline{S}_2 = P_2 + jQ_2$  (fig. 4.22). Presupunem că tensiunea  $U_1$  este constantă, iar  $U_2'$  este tensiunea la bornele consumatorului raportată la nivelul de înaltă tensiune. Parametrii longitudinali R și X îi includ pe cei ai liniei și transformatorului, iar cei transversali se neglijează iar valoarea lui R și X se consideră independentă de raportul de transformare K.

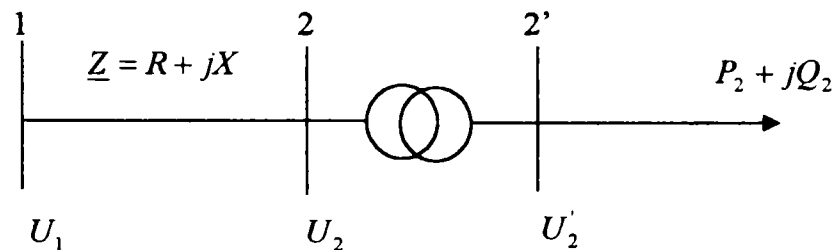


Fig. 4.22 Rețea electrică

$$\text{Pentru tensiunea } U_2' \text{ se scrie: } U_2' = U_1 - \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2'} \quad (4.45)$$

$$\text{sau dacă } U_2' = K U_2 \text{ rezultă: } K U_2 = U_1 - \frac{P_2 R + Q_2 X}{K U_2} \quad (4.46)$$

Considerând că puterile absorbite sunt constante în raport cu tensiunea la borne  $U_2$ , relația (4.45) duce la o ecuație de gradul 2 în K a cărei soluție este:

$$K = \frac{U_1 + \sqrt{U_1^2 - 4(P_2 R + Q_2 X)}}{2U_2} \quad (4.47)$$

$$\text{dar } K = U_{m.t.} \left(1 + \frac{p\% \cdot n}{100}\right) / U_{mj.t.} \quad (4.48)$$

unde:  $U_{m.t.}, U_{mj.t.}$  -sunt tensiunile nominale ale înfășurărilor de medie și joasă tensiune

p% -valoarea unei prize

n -numărul de prize cu care funcționează transformatorul

Relația (4.47) devine:

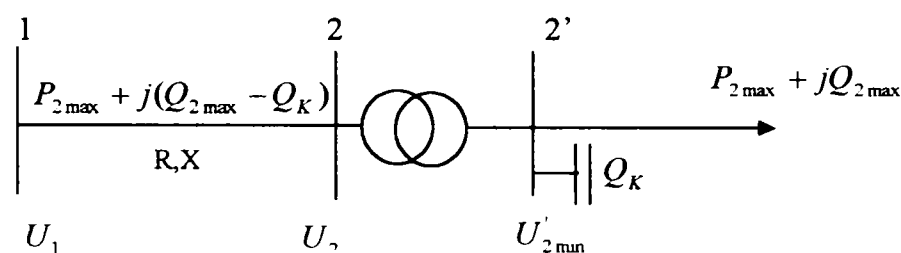
$$n = \frac{100}{p} \cdot \left[ \frac{U_{n,t}}{2U_{n,t}U_2} \left( U_1 + \sqrt{U_1^2 + 4(P_2R + Q_2X)} \right) - 1 \right] \quad (4.49)$$

Relația (4.48) permite determinarea numărului de prize necesar. Valoarea lui  $n$  se rotunjește la un număr întreg. Dacă soluția relației (4.48) se află în afara domeniului de reglare sau expresia de sub radical este negativă atunci rezultă că modificarea prizelor transformatoarelor nu pot asigura valoarea impusă  $U_2$ .

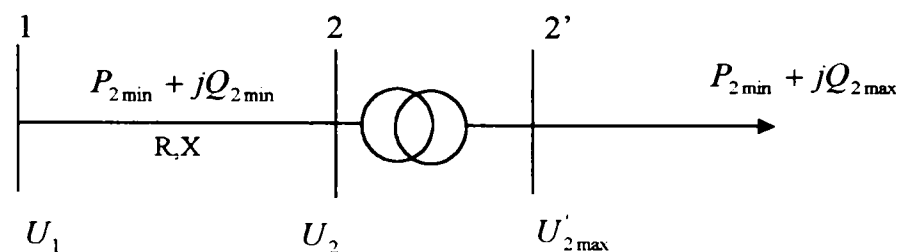
#### Calculul prizelor transformatoarelor și a puterilor bateriilor de condensatoare

Pentru evitarea comutării în regim permanent a prizelor transformatorului, domeniul de reglare a tensiunii poate fi micșorat prin introducerea la vârful de sarcină a unei surse de putere reactivă (o baterie de condensatoare).

Relațiile pentru cele două regimuri limită (sarcină maximă și respectiv minimă) sunt:



a)



b)

Fig. 4.23 Rețea electrică a) regim de sarcină maximă  
b) regim de sarcină minimă

$$U'_{2min} = U_1 - \frac{P_{2max}R + (Q_{2max} - Q_K)X}{U'_{2min}} \quad (4.50)$$

$$U'_{2\max} = U_1 - \frac{P_{2\min} R + Q_{2\min} X}{U'_{2\max}} \quad (4.51)$$

$$\text{Din condițiile: } U'_{2\min} \geq KU_{2\min adm} \text{ și } U'_{2\max} \geq KU_{2\max adm} \quad (4.52)$$

Se obțin valorile lui  $K$  și  $Q_K$ , iar apoi valoarea lui  $n$  și a puterii standardizate a bateriei de condensatoare.

#### 4.6. Algoritm și program de calcul

##### 4.6.1. Modelul matematic

În prima etapă, algoritmul este demarat folosind drept funcție obiectiv pentru reconfigurarea rețelelor de distribuție, pierderile de putere activă, mai precis se urmărește minimizarea acesteia, adică:

$$\text{Min}\{\Delta P\} = \sum_{(i,j) \in L} 3R_{i,j} \cdot I_{i,j}^2 \cdot \alpha_{i,j} \quad (4.53)$$

unde  $\Delta P$  este pierderea de putere activă în rețea la sarcină maximă

$i,j$  –nodurile rețelei cu care linia  $i-j$  este incidentă

$L$  –mulțimea liniilor rețelei

$I_{i,j}$  -curentul electric ce parcurge la sarcină maximă linia  $i-j$

$R_{i,j}$  -rezistența electrică a liniei  $i-j$

$\alpha_{i,j}$  -variabilă binară ce ia valorile 1 sau 0, după cum linia  $i-j$  este în funcție sau nu

Problema de optimizare se va rezolva în condițiile existenței următoarelor restricții:

1. Numărul liniilor în funcție trebuie să fie  $N-1$ ,  $N$  fiind numărul total al nodurilor rețelei
2. Oricare ar fi două noduri din rețea, între acestea trebuie să existe o legătură formată din linii în funcțiune.
3. Nu pot fi secționate buclele rețelei decât acolo unde există separatoare de sarcină
4. Curentul pe liniile rețelei trebuie să fie inferior valorii admise

$$I_{\max(i,j)} \leq I_{adm(i,j)}$$

5. Tensiunea fiecărui nod al rețelei trebuie să fie superioară valorii admisibile

$$U_i \geq U_{\min adm}, \quad i \in N$$

Restricția se referă la calitatea tensiunii în nodul  $i \in N$  și este o restricție tehnologică.

Desigur restricția poate fi formulată și sub pierderi de tensiune admisibilă pe laturile liniei adică:

$$\Delta U_j \leq \Delta U_{adm}, \text{ unde } j \in N$$

și  $\Delta U_j$  reprezintă pierderea de tensiune pe linie până în nodul j

( $\Delta U_{adm}$  se raportează față de tensiunea nominală și poate fi de 5% sau 7%)

Dacă una din restricții nu corespunde se elimină varianta. Se reține varianta cu pierderi minime și toate restricțiile asigurate.

În a doua etapă obiectivul reconfigurării este calitatea tensiunii[4.43] și pentru structura găsită sau una foarte apropiată de aceasta se acționează asupra comutatorului de ploturi a transformatorului din stația de alimentare (sau a bateriei de condensatoare din stație) încercând a se asigura că suma pătratelor abaterilor tensiunilor din nodurile rețelei să fie minimă[4.42]. Restricțiile menționate mai sus sunt aceleași.

Funcția obiectiv pe de o parte, pe de altă parte datele de intrare: puteri consumate, parametrii rețelei pot fi exprimate și cu ajutorul mulțimilor fuzzy. Astfel pentru funcția obiectiv se poate găsi un calificativ (notă) ca rezultat a zonei în care se află tensiunea tuturor nodurilor rețelei cu tensiunea nominală (sau cu o tensiune impusă).

Astfel în figura 4.24 se prezintă funcția de apartenență a tensiunii în nodurile de consum ale unei rețele de distribuție de 10kV.

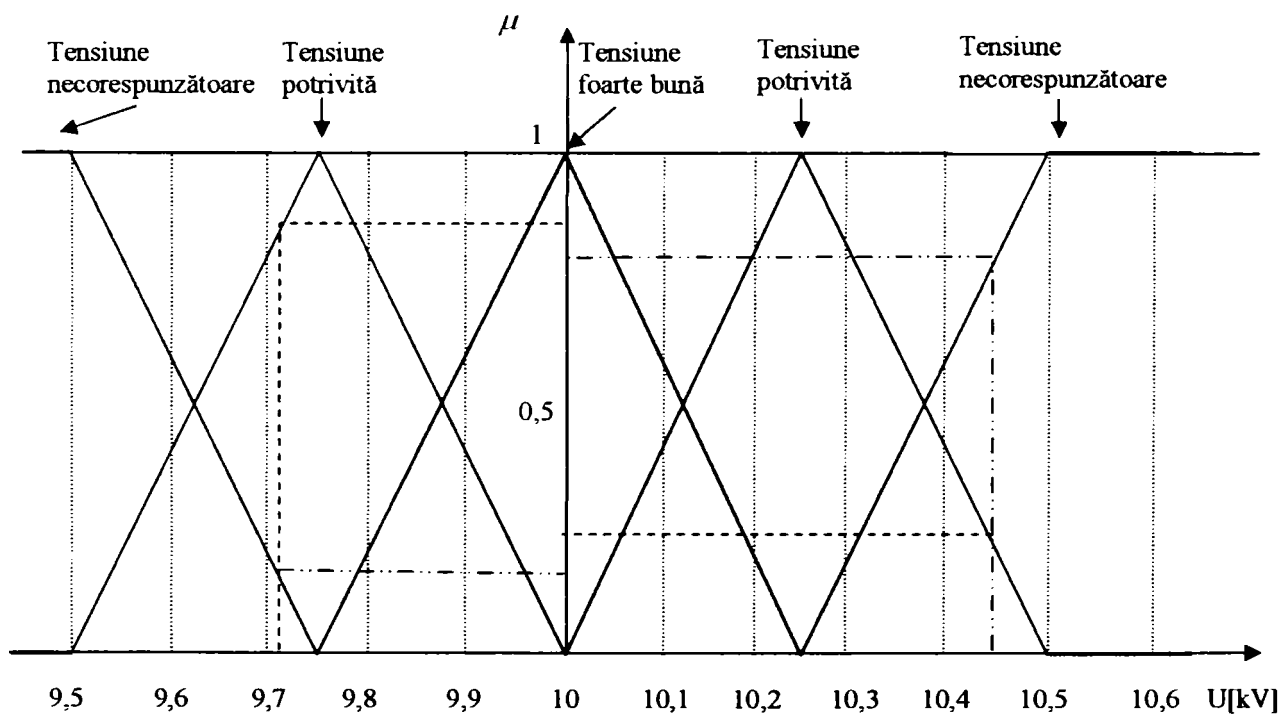


Fig.4.24 Funcția de apartenență a tensiunii în nodurile de consum ale unei rețele de distribuție de 10kV.

Corespunzător celor prezentate în figura 4.24 tensiunea fiecărui nod primește un calificativ corespunzător tabelului 4.5.

Tabelul 4.5

Nod	Valoare tensiune [kV]	Ponderi			Calificativ	Observații
		f. bună	potrivită	necorespunzătoare		
1	10,6	0	0	1	0	Var. se elimină
2	10,45	0	0,25	0,75	2	Var. se elimină
...	...	...	...	...	...	...
49	9,72	0	0,85	0,15	5	Var. acceptată

Variantele care dispun de un calificativ de 0;1;2;3;4 se elimină și se păstrează acelea care au notă de trecere. Pentru cele cu “note de trecere” se calculează media și se acceptă varianta cu nota (media)generală maximă.

Referitor la datele de intrare acestea pot fi reprezentate printr-o funcție de repartiție trapezoidală fig.4.25 [4.38].

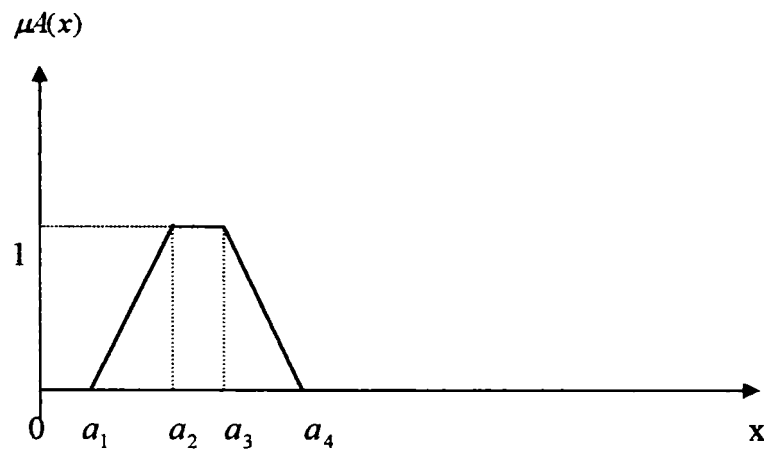


Fig. 4.25 Funcția de apartenență pentru un număr fuzzy trapezoidal

Un număr fuzzy trapezoidal poate fi exprimat prin:  $A=[a_1, a_2, a_3, a_4]$ , iar funcția sa de apartenență trapezoidală:

$$\mu A(x) = \begin{cases} 0, x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, x \geq a_4 \end{cases} \quad (4.54)$$

#### 4.6.2. Tehnici de programare utilizate

Pentru verificarea configurației inițiale și calculul inițial de puteri se utilizează o tehnică asemănătoare sortării topologice, prin analiza dinamică a nodurilor din aproape în aproape, până la epuizarea elementelor ne-analizate.

Sortarea topologică se bazează pe relațiile (condiționările) existente între elemente. Obiectivul sortării topologice este construirea unei liste în care fiecare element să apară după toate elementele care îl condiționează.

Ideea de baza a algoritmului de sortare topologică este următoarea : un element poate fi adăugat în lista celor sortate dacă nu este condiționat sau dacă toate elementele ce îl condiționează au fost deja sortate. Reformulând ideea anterioară în termeni specifici grafurilor, rezultă ca un nod poate fi sortat dacă nu are predecesori sau dacă toți predecesorii săi au fost sortați. Sortarea topologică se termină cu succes numai dacă graful condiționărilor este aciclic.

În cazul de față, se pornește de la capetele laturilor deschise (care sunt elemente primordiale, necondiționate), și listele construite reprezintă drumurile de la aceste elemente până la surse de alimentare.

Condiționarea se traduce prin « există legături închise spre noduri deja sortate ».

Dacă graful este ciclic, vom găsi un nod cu mai multe surse de alimentare, caz în care se va considera configurația incorectă, determinând abandonarea sortării și mesajul de eroare corespunzător.

Pentru căutarea optimului se utilizează o tehnică derivată din metoda căutării cu revenire (backtracking). Pentru a găsi o metoda ne-recursivă, dar care să caute un optim global, care să verifice toate soluțiile “candidate” la optim, am recurs la metoda căutării cu revenire. Dar pentru ca metoda generală este inefficientă, având complexitate exponențială, și pentru că am dorit a oferi un timp de calcul rezonabil, am particularizat aceasta metodă, optimizând procesul de căutare, prin filtrarea și evitarea cât mai timpurie a căilor de căutare care nu duc la soluție.

În metoda căutării cu revenire (backtracking), soluția este construită în mod progresiv, prin adaugarea câte unei componente  $s_{p+1}$  la o soluție parțială  $(s_1, s_2, \dots, s_p)$ , care reprezintă o selecție din primele  $p$  elemente din totalul celor  $n$ , astfel încât  $(s_1, \dots, s_{p+1})$  să reprezinte de asemeni o soluție parțială. O soluție finală este obținută în momentul în care a fost făcută o selecție dintre cele  $n$  elemente. Aceasta este comparată cu soluția optimă determinată până acum, fiind reținută sau ignorată.

Se observă ca spațiul stărilor posibile ale soluțiilor problemei se poate reprezenta ca un arbore. Fiecare nod din arbore definește o stare a soluțiilor problemei; nodurile interne sunt soluții parțiale, iar nodurile-frunze – soluții finale.

Metoda căutării cu revenire constă în generarea sistematică de noduri de stări ale soluției problemei, pornind de la nodul-radăcină și selectarea dintre acestea a nodurilor-soluții. În parcurgerea arborelui spațiului stărilor se va lua în considerare o listă de noduri active – noduri la care nu s-au generat încă toți succesorii direcți.

Funcțiile de limitare reduc numărul nodurilor active fără a le genera toți urmașii ; se minimizează astfel procesul de căutare prin detectarea și evitarea căilor care nu conduc la soluții.

În cazul de față,  $n$  (lungimea soluției) reprezintă numărul laturilor deschise.

O soluție reprezintă o configurație validă, în care, pentru fiecare latură deschisă inițial, se găsește un “înlocuitor”, adică o altă latură deschisă sau chiar latura inițială.

Soluția optimă este aceea pentru care pierderea totală este minimă.

Funcțiile de limitare constau în :

- verificarea configurației rezultate ;
- pierderea totală obținută să nu fie mai mare decât pierderea calculată în cazul când latura deschisă luată în considerare este în aceeași stare ca și în configurația inițială și să respecte restricțiile de calitate.

Algoritmul metodei se poate reprezenta sintetic prin schemele logice 4.23-4.25 și a programul prezentat în ANEXA 1.

Programul este realizat în Visual Basic și are o interfață plăcută utilizatorului. Acesta are posibilitatea de a alege din bara de meniu “opțiuni de calcul”, posibilitatea de a alege „criteriul de căutare a optimului”: prin folosirea calculului de curenți în sens invers circulației de puteri sau prin calcul de puteri în sensul circulației acestora.

Pentru o mai bună modelare a datelor de intrare se poate activa din bara de meniu – „opțiuni de calcul” după care se activează sau dezactivează după caz „utilizarea tehnicii fuzzy”.

Datele de intrare la fel ca și rezultatele sunt afișate într-un mod foarte reprezentativ pentru interpretarea rezultatelor în fișiere Excel.

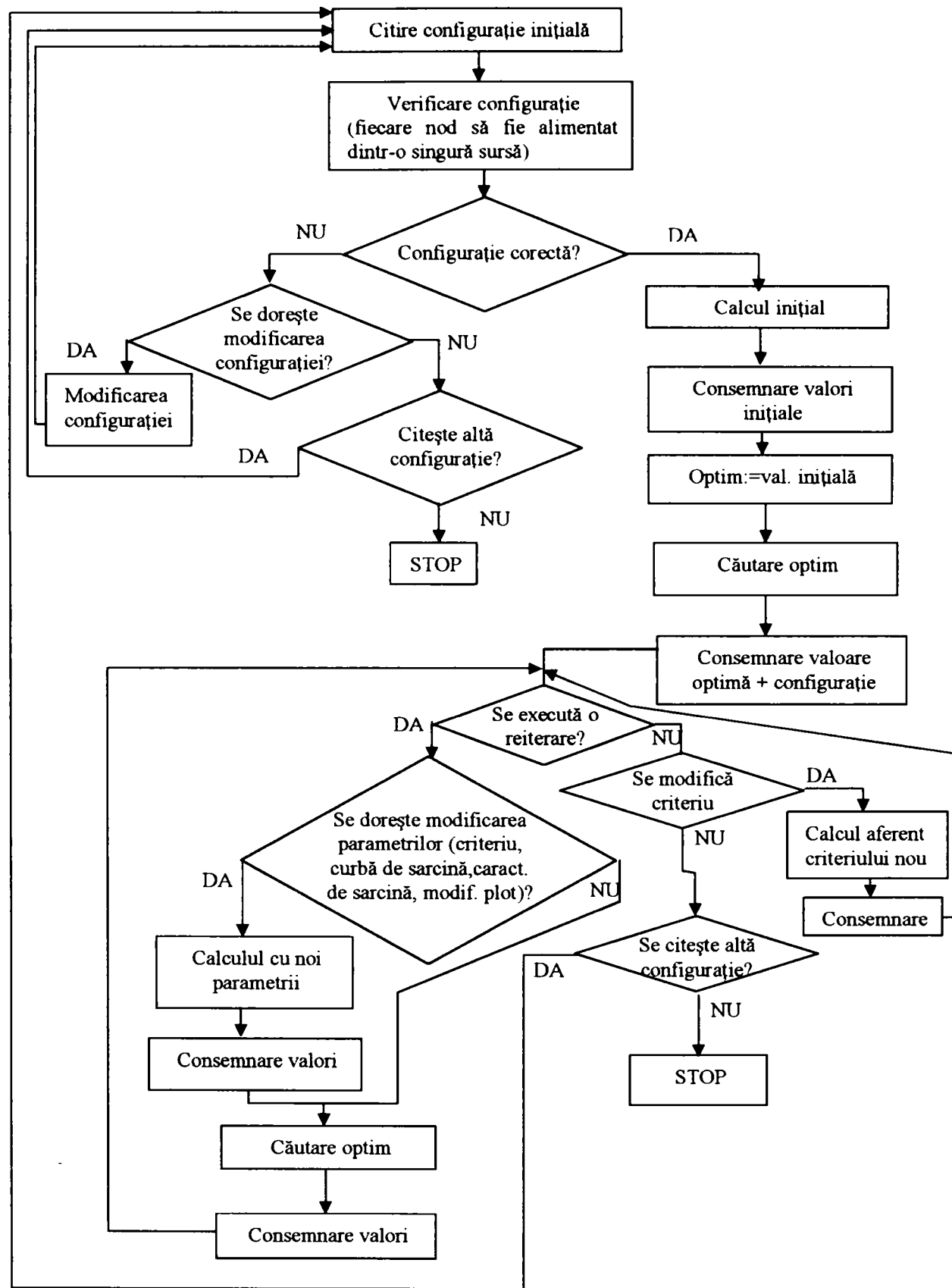


Fig. 4.26 Schemă logică principală



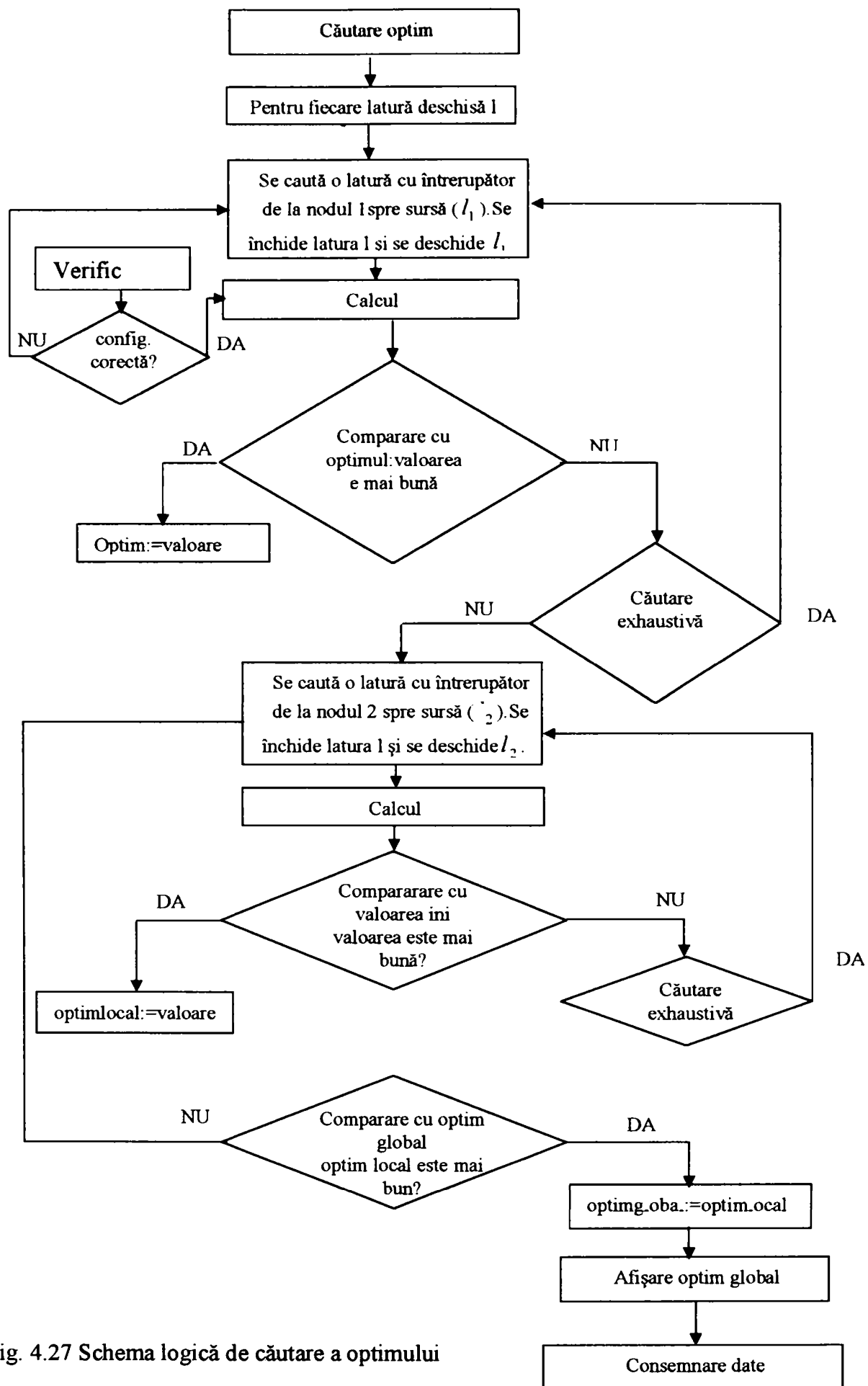


Fig. 4.27 Schema logică de căutare a optimului

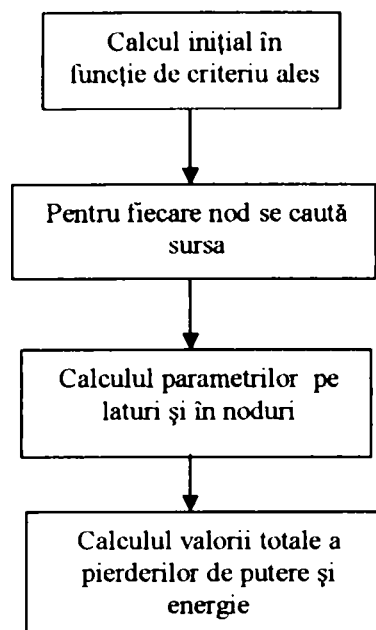


Fig. 4.28 Schemă logică a procedurii de calcul

#### 4.6.3. Aplicație

Pentru validarea modelului matematic și a programului de calcul se consideră schema de distribuție urbană redusă succesiv (conform ANEXEI 3) de 10kV din figura 4.29 și a parametrilor de intrare din tabelul 4.6.

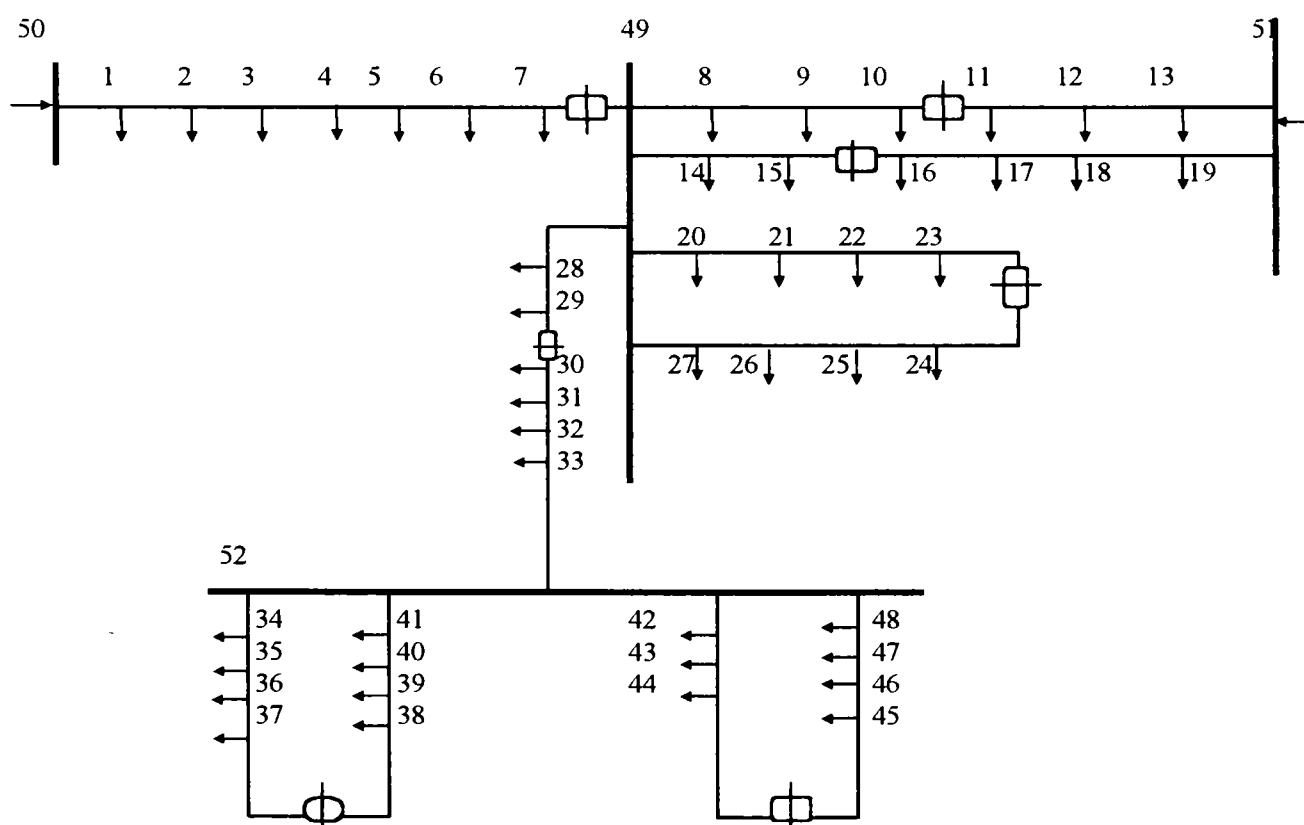


Fig. 4.29 Configurația inițială redusă, a rețelei de distribuție urbană

Nr. nod	Tip nod	p[kW]	q[kVar]
1	C	296	184
2	C	272	160
3	M	436	444
4	C	320	192
5	R	360	224
6	C	328	208
7	C	188	112
8	R	328	200
9	C	264	160
10	C	272	168
11	C	376	224
12	C	344	216
13	I	276	164
14	E	1196	896
15	M	288	296
16	C	268	164
17	C	188	112
18	C	160	96
19	C	204	124
20	C	164	104
21	R	268	164
22	I	608	624
23	C	236	144
24	C	184	108
25	C	236	144
26	M	316	196
27	C	148	104
28	C	224	136
29	C	352	216
30	M	512	520
31	C	200	120
32	C	304	184
33	C	244	148
34	E	1392	1032
35	M	440	448
36	R	276	164
37	R	360	224
38	C	368	216
39	I	668	500
40	C	204	124
41	C	320	192
42	E	1264	944
43	R	480	296
44	C	372	228
45	C	256	152
46	C	388	240
47	I	448	456
48	R	296	184

Tipuri de consumatori	
C	Consumator casnic
R	Consumator rezidential
E	Consumator edilitar
M	Magazine
I	Consumator industrial

Nod1	Nod2	Tip leg.	r[ohm]	x[ohm]	lungime
50	1	-1	0.325	0.16	1633
1	2	1	0.062	0.022	311
2	3	1	0.056	0.02	281
3	4	1	0.044	0.017	221
4	5	1	0.058	0.021	291
5	6	1	0.07	0.028	351
6	7	1	0.1	0.036	502
7	49	1	0.175	0.064	879
49	8	-1	0.121	0.086	608
8	9	1	0.17	0.06	854
9	10	1	0.054	0.038	271
10	11	1	0.039	0.276	195
11	12	1	0.134	0.096	673
12	13	1	0.175	0.064	879
13	51	1	0.35	0.128	1758
49	14	-1	0.337	0.124	1693
14	15	1	0.077	0.028	386
15	16	1	0.055	0.02	276
16	17	1	0.064	0.023	321
17	18	1	0.127	0.046	638
18	19	1	0.18	0.066	904
19	51	1	0.32	0.118	1608
49	20	-1	0.362	0.133	1819
20	21	1	0.077	0.028	386
21	22	1	0.072	0.026	361
22	23	1	0.125	0.046	628
23	24	1	0.063	0.023	316
24	25	1	0.057	0.021	286
25	26	1	0.924	0.021	4643
26	27	1	0.102	0.037	512
27	49	1	0.24	0.087	1206
49	28	-1	0.3	0.11	1507
28	29	1	0.089	0.032	447
29	30	1	0.064	0.023	321
30	31	1	0.074	0.027	371
31	32	1	0.091	0.033	457
32	33	1	0.053	0.019	266
33	52	1	0.28	0.103	1407
52	34	1	0.312	0.115	1567
34	35	1	0.064	0.019	321
35	36	1	0.124	0.038	623
36	37	1	0.064	0.019	321
37	38	-1	0.055	0.017	276
38	39	1	0.058	0.018	291
39	40	1	0.071	0.021	356
40	41	1	0.078	0.024	391
41	52	1	0.343	0.106	1723
52	42	-1	0.41	0.127	2060
42	43	1	0.109	0.033	547
43	44	1	0.107	0.033	537
44	45	1	0.064	0.02	321
45	46	1	0.061	0.019	306
46	47	1	0.036	0.011	180
47	48	1	0.076	0.023	381
48	52	1	0.205	0.063	1030

1-latură deschisă; -1 -latură închisă; 2 -latură fără întrerupător sau separator

Tab. 4.6. Puterile medii active și reactive ale consumatorilor și parametri echivalenți longitudinali ai laturilor

Cu ocazia reconfigurării s-au urmărit următoarele aspecte :

- stabilirea configurației rețelei, adică efectuarea reconfigurării luând în considerare puterile active și reactive medii;
- efectuarea reconfigurării considerând puterile maxime simultane active și reactive;
- efectuarea reconfigurării considerând curbele de sarcină ale nodurilor consumatoare, paliere orare (patru ore);
- efectuarea reconfigurării considerând curbele de sarcină ale nodurilor consumatoare, paliere orare (patru ore) și caracteristicile statice ale sarcinii; caracteristicile de sarcină ale consumatorilor s-au considerat pentru fiecare nod de forma:  $\frac{P}{P_n} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^\alpha$  unde  $\alpha = 1,05 \div 1,2$

$$\frac{Q}{Q_n} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^\beta \quad \text{unde } \beta = 1,5 \div 3$$

- variația pierderilor de putere în rețeaua obținută prin reconfigurare în funcție de numărul de manevre;
- nivelul tensiunilor în noduri pentru fiecare din situațiile mai sus menționate

1. Executarea reconfigurării luând în considerare puterile active și reactive medii și maxime

Tabelul.4.7

Tip calcul	Pierdere de putere [W]	Pierdere de energie [Wh]	Laturi deschise:						
			50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
Inițial	313162.1167	7515890.802							
Optim	141380.9765	3393143.436	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-36	43-44

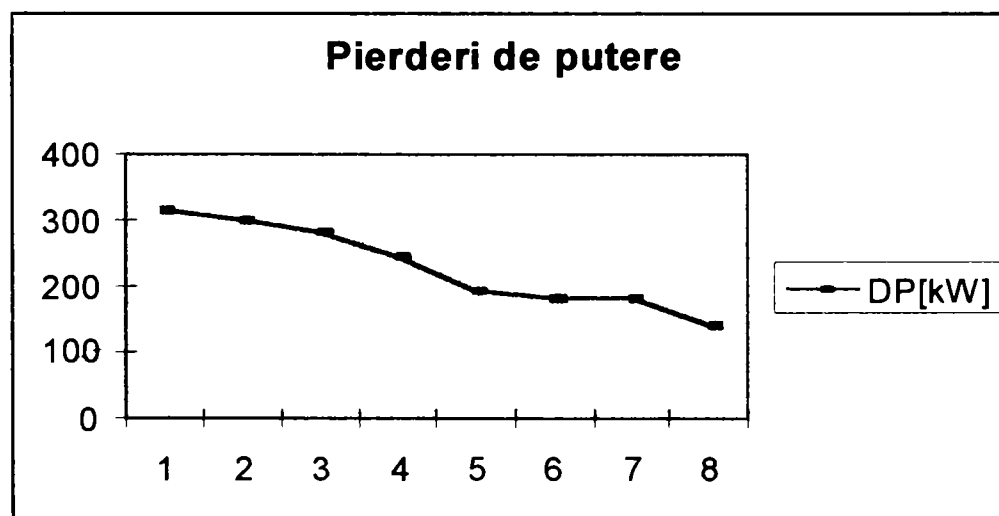


Fig. 4.30 Pierderea de putere în funcție de numărul de manevre (iterații)

Reconfigurarea a dus și la tensiuni în noduri mai apropiate de valoarea de referință 10kV, la varianta optimă fig. 4.32, față de varianta inițială fig.4.31.

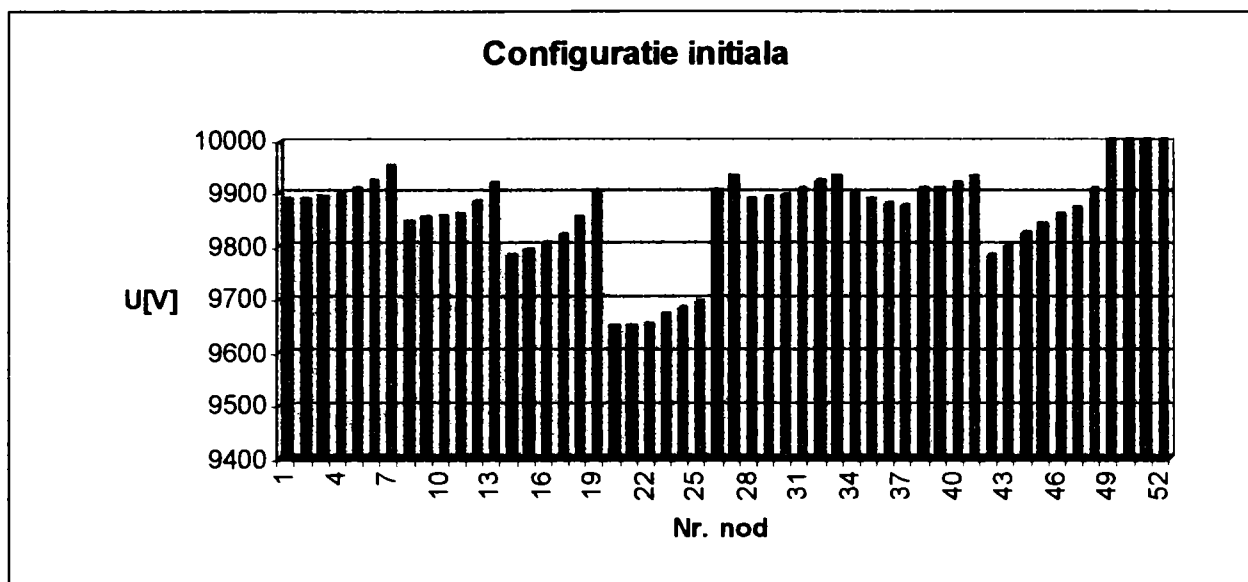


Fig. 4.31 Tensiunile în noduri -configurație inițială

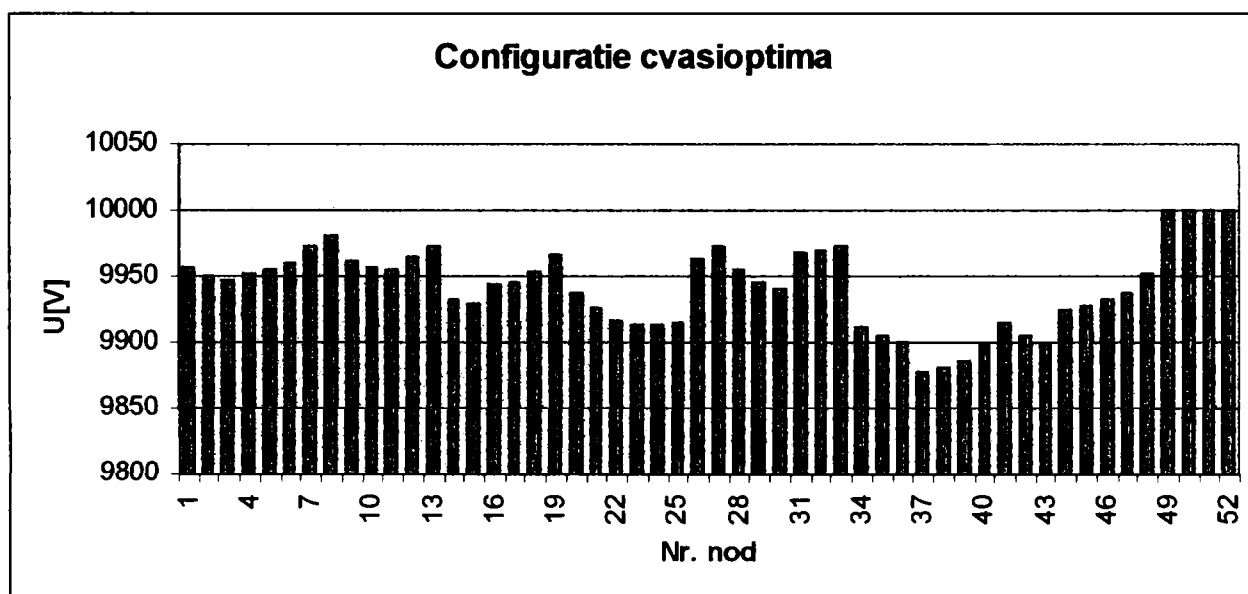


Fig. 4.32 Tensiunile în noduri –configurație cvasioptimă

Referitor la folosirea puterilor medii respectiv maxime se constată că configurația rețelei obținută prin reconfigurare este aceeași. Astfel considerarea puterilor active și reactive medii [4.41] conduce la pierderile de putere și energie evidențiate în tabelul 4.7. Din analiza celor reprezentate în tabelul 4.7 se constată că reconfigurarea a condus la reducerea pierderilor de putere și energie cu mai mult de jumătate. Același lucru rezultă și din analiza celor prezentate în

figura 4.30 unde se evidențiază evoluția pierderilor de putere în funcție de numărul de manevre (iterații).

Dar reconfigurarea are drept obiectiv îmbunătățirea calității tensiunii, adică plasarea tensiunilor nodurilor într-o bandă cât mai avantajoasă, situată cât mai aproape de tensiunea impusă (nominală). În acest sens în figura 4.31 se prezintă variația tensiunii în cele 52 de noduri pentru configurația inițială iar în figura 4.32 pentru configurația cvasioptimă –dedusă prin reconfigurare.

## 2. Considerarea caracteristicilor de sarcină

Tabelul 4.8

Tip calcul	Pierdere de putere [W]	Pierdere de energie [Wh]	Laturi deschise:						
			3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-36	43-44
R*	401605.531	9638532.743	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-36	43-44
O	390360.329	9368647.896	4-5	12-13	15-16	23-24	30-31	38-39	44-45

R\* -reiterare cu caracteristici de sarcină

În condițiile considerării caracteristicilor de sarcină configurația cvasioptimă obținută este alta (tabelul 4.8), iar reducerea pierderilor nu este semnificativă, întrucât în această categorie s-a inclus și creșterea puterilor consumate în noduri ca urmare a îmbunătățirii nivelului de tensiune. Observația este corectă, dacă se are în vedere faptul că prin considerarea caracteristicilor statice ale sarcinii, puterile care circulă pe laturile rețelei pot suferi modificări sensibile.

În ceea ce privește nivelul tensiunilor în noduri acesta este apropiat de cel prezentat în figura 4.32 și este ilustrat în figura 4.33.

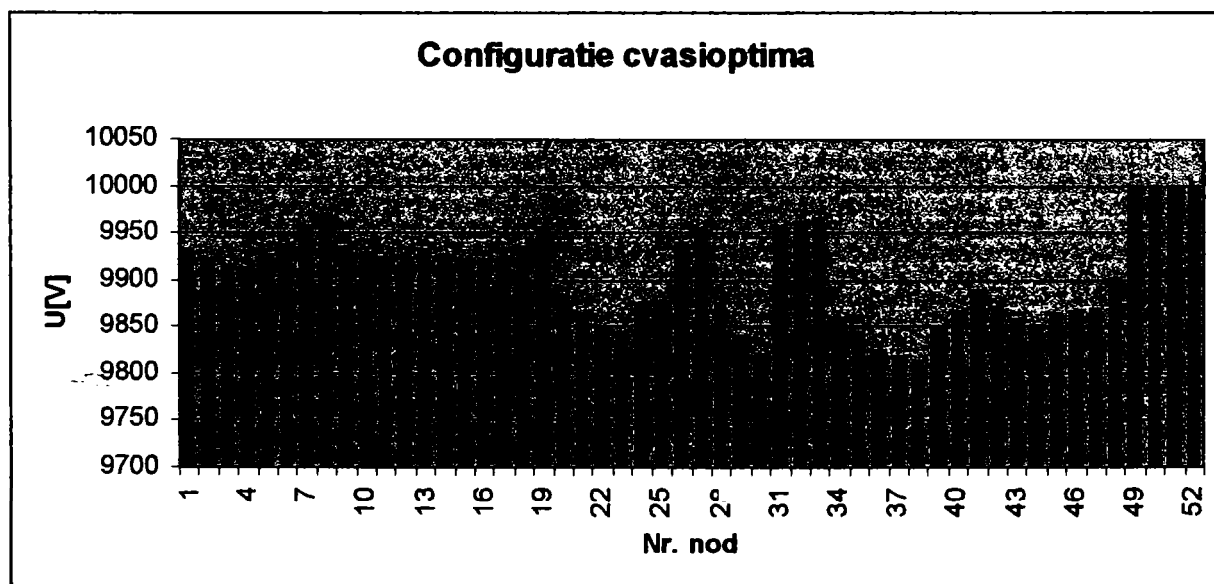


Fig. 4.33 Variația tensiunilor în noduri-configurația cvasioptimă în condițiile considerării caracteristicilor statice ale sarcinii

### 3. Considerarea curbelor de sarcină pe tipuri de consumatori

În încheierea acestor cercetări s-au considerat în procesul de reconfigurare și curbele de sarcină pe tipuri de consumatori fig. 4.34-4.43 pe paliere orare (ANEXA 2) simultan cu caracteristicile de sarcină. Parte din rezultate sunt prezentate de autor în [4.39,4.40] sau în tabelul 4.9, unde alături de tipul regimului calculat (inițial-I, cvasioptim-O, reiterare cu modificarea plotului –R, cvasioptim cu considerarea caracteristicilor de sarcină –R\*) s-a figurat tipul curbei de sarcină considerat (1-13), rezultând poziția plotului pentru transformatorul din stația de alimentare și nota fuzzy acordată. Se constată că aceasta din urmă este mult mai bună în condițiile modelării curbelor de sarcină și a caracteristicilor de sarcină. În schimb pierderile de putere și energie au crescut față de situația neconsiderării acestor caracteristici, creșterile de putere datorită ridicării nivelului de tensiune fiind puse pe seama acestor pierderi.

Un alt element demn de remarcat este faptul că poziția plotului transformatorului din stație în situația R sau R\* este 3 sau 4, adică aceea reală din exploatare. Deci, chiar dacă desconsiderarea reglajului de tensiune și implicit a caracteristicilor statice de sarcină poate conduce la aceeași configurație pentru rețeaua de distribuție ca și în realitate, estimarea nivelului de tensiune în noduri inclusiv în acela de alimentare și a poziției plotului poate fi diferită. De asemenea, desconsiderarea caracteristicilor statice ale consumatorilor poate da o imagine eronată asupra nivelului real al pierderilor de putere și energie.

Tabelul 4.9

Tip calcul	Curbă de sarc.	Plot	Pierdere de putere [W]	Pierdere de energie [Wh]	Nota Fuzzy	Laturi deschise:						
						50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
I	1	0	313162.1167	7515890.802	8.58	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	1	0	141380.9765	3393143.436	9.46	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-36	43-44
R	1	3	128592.7409	3086225.781	9.98	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	36-37	43-44
R*	1	4	344341.1442	8264187.461	9.98	4-5	12-13	15-16	23-24	30-31	38-39	44-45
I	2	0	54405.68007	217622.7203	9.45	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	2	0	24155.83997	96623.3599	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	43-44
R	2	3	21970.8885	87883.554	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	2	3	42789.03002	171156.1201	10	4-5	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
I	3	0	47058.85383	188235.4153	9.45	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	3	0	20829.48587	83317.9435	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	43-44
R	3	3	18945.4108	75781.6432	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	3	3	38948.0903	155792.3612	10	4-5	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44
I	4	0	85853.60975	343414.439	9.38	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	4	0	38350.64435	153402.5774	9.51	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-36	42-43
R	4	3	34881.74006	139526.9602	10	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	36-37	42-43
R*	4	3	79612.42267	318449.6907	10	4-5	11-12	15-16	23-24	30-31	37-38	43-44
I	5	0	68162.37743	272649.5097	9.41	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	5	0	30122.66232	120490.6493	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	43-44
R	5	3	27397.99799	109591.992	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	5	3	50927.90353	203711.6141	10	4-5	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
I	6	0	205315.656	821262.624	9.06	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	6	0	93976.66641	375906.6656	9.5	3-4	11-12	14-15	23-24	30-31	37-36	42-43
R	6	3	85476.26004	341905.0401	9.99	3-4	11-12	14-15	23-24	30-31	36-37	42-43
R*	6	4	243376.6177	973506.4709	9.97	4-5	12-13	15-16	23-22	30-31	38-39	44-45
I	7	0	104552.9538	418211.8153	9.35	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	7	0	46258.56002	185034.2401	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	42-43
R	7	3	42074.3665	168297.466	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	42-43
R*	7	3	75640.35656	302561.4262	10	4-5	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
I	8	0	180659.6531	722638.6124	9.05	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	8	0	81437.52607	325750.1043	9.51	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-38	43-44
R	8	3	74071.31388	296285.2555	10	3-4	11-12	15-16	23-24	30-31	37-38	43-44
R*	8	4	231737.2838	926949.1353	9.97	4-5	12-13	15-16	23-22	30-31	38-39	45-46
I	9	0	99973.84218	399895.3687	9.34	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	9	0	44070.60292	176282.4117	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	43-44
R	9	3	40084.31517	160337.2607	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	9	3	74711.28496	298845.1399	10	4-5	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44
I	10	0	153188.3223	612753.2892	9.29	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	10	0	69784.69633	279138.7853	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	43-44
R	10	3	63472.50948	253890.0379	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	10	3	149382.5431	597530.1725	9.99	4-5	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
I	11	0	117916.8504	471667.4014	9.34	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	11	0	52121.549	208486.196	9.51	3-4	11-12	16-17	24-25	30-31	37-36	43-44
R	11	3	47407.0346	189628.1384	10	3-4	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	11	3	91206.87134	364827.4854	10	4-5	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44
I	12	0	113518.7256	454074.9023	9.33	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	12	0	50054.75513	200219.0205	9.51	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	37-36	43-44
R	12	3	45527.187	182108.748	10	3-4	11-12	15-16	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	12	3	82555.26172	330221.0469	10	4-5	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44
I	13	0	102856.8369	411427.3477	9.35	50-1	49-8	49-14	49-20	49-28	37-38	52-42
O	13	0	45220.93456	180883.7382	9.51	3-4	11-12	16-17	24-25	30-31	37-36	43-44
R	13	3	41130.59666	164522.3866	10	3-4	11-12	16-17	24-25	30-31	36-37	43-44
R*	13	3	77232.05689	308928.2275	10	4-5	11-12	16-17	24-25	30-31	37-38	43-44



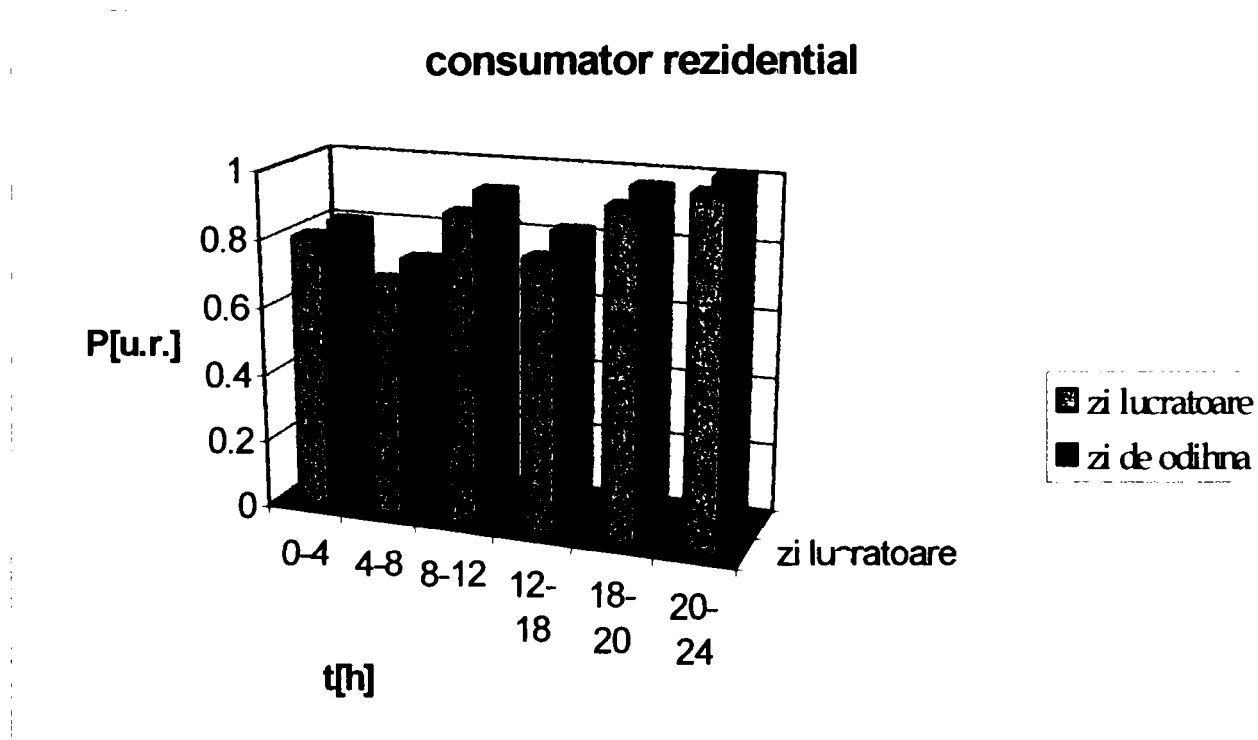


Fig. 4.34 Puterea activă funcție de timp

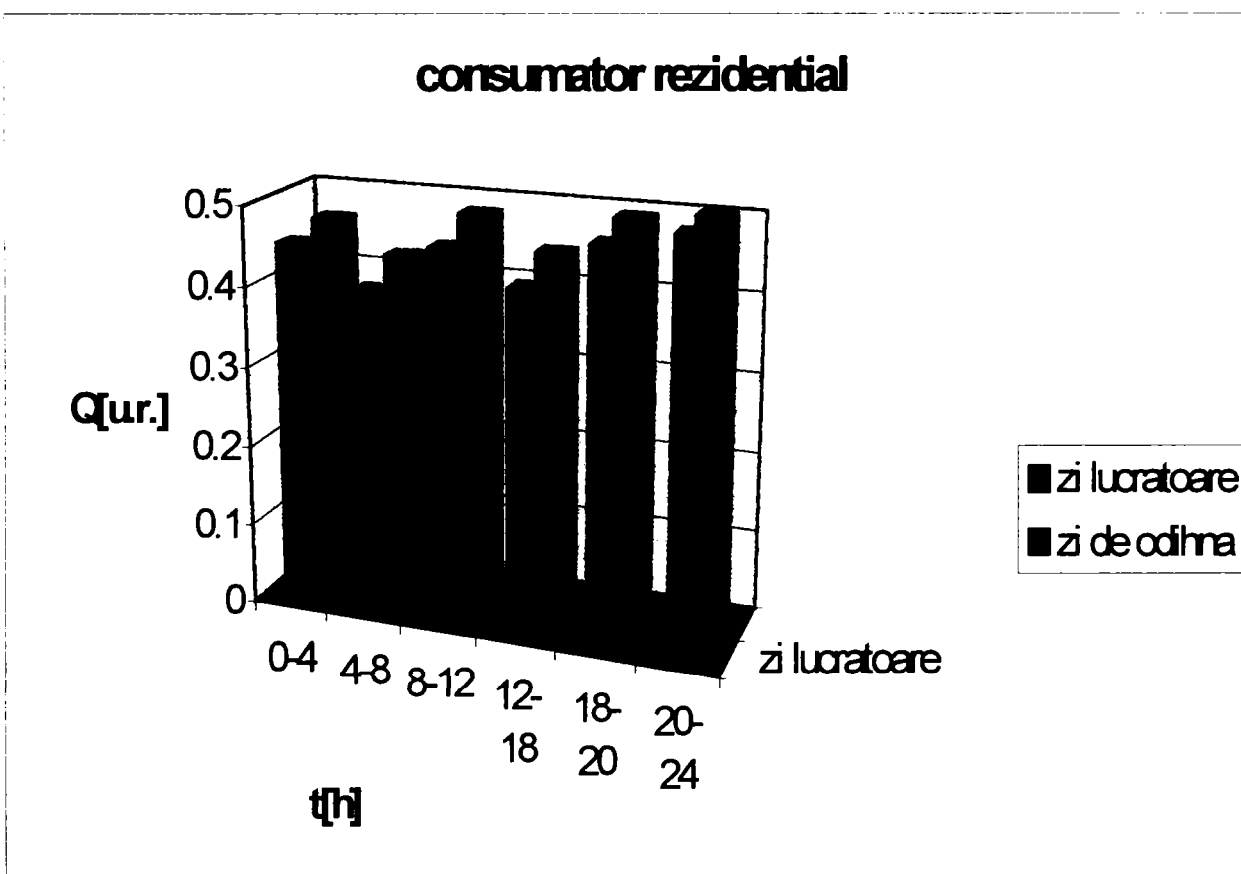


Fig. 4.35 Puterea reactivă funcție de timp

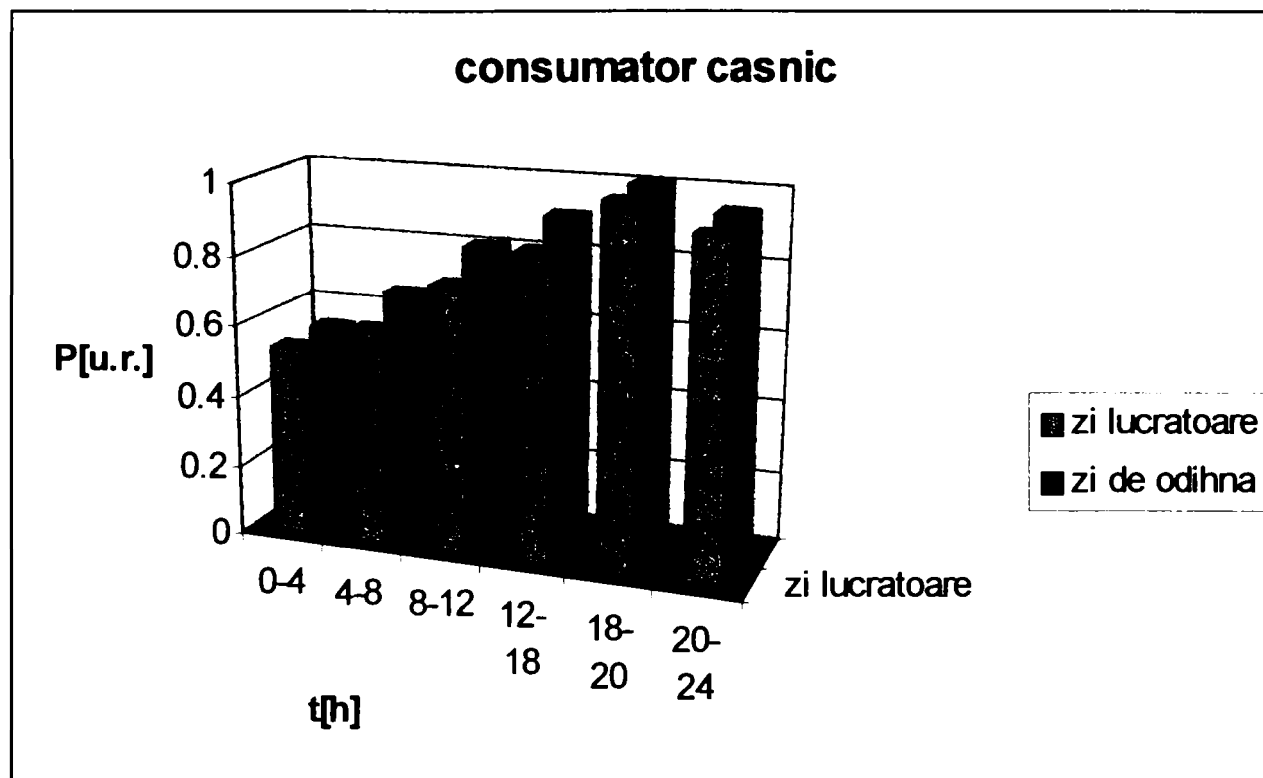


Fig. 4.36 Puterea activă funcție de timp

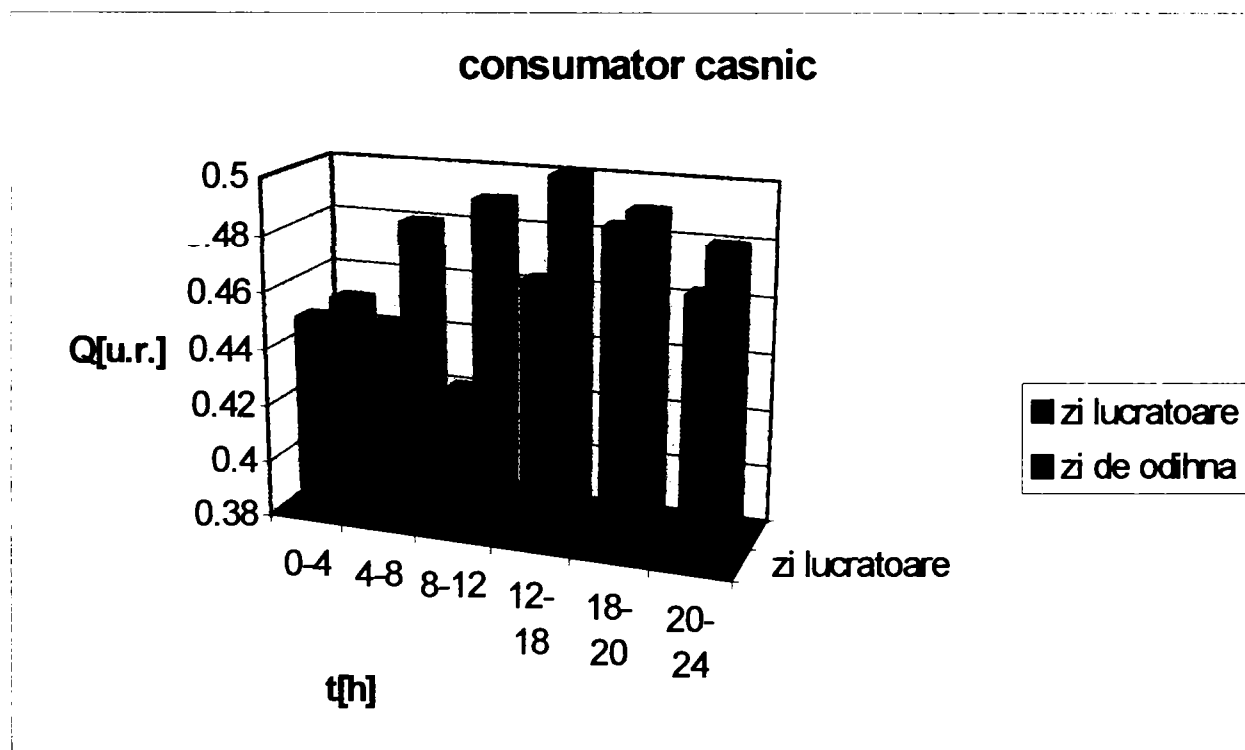


Fig. 4.37 Puterea reactivă funcție de timp

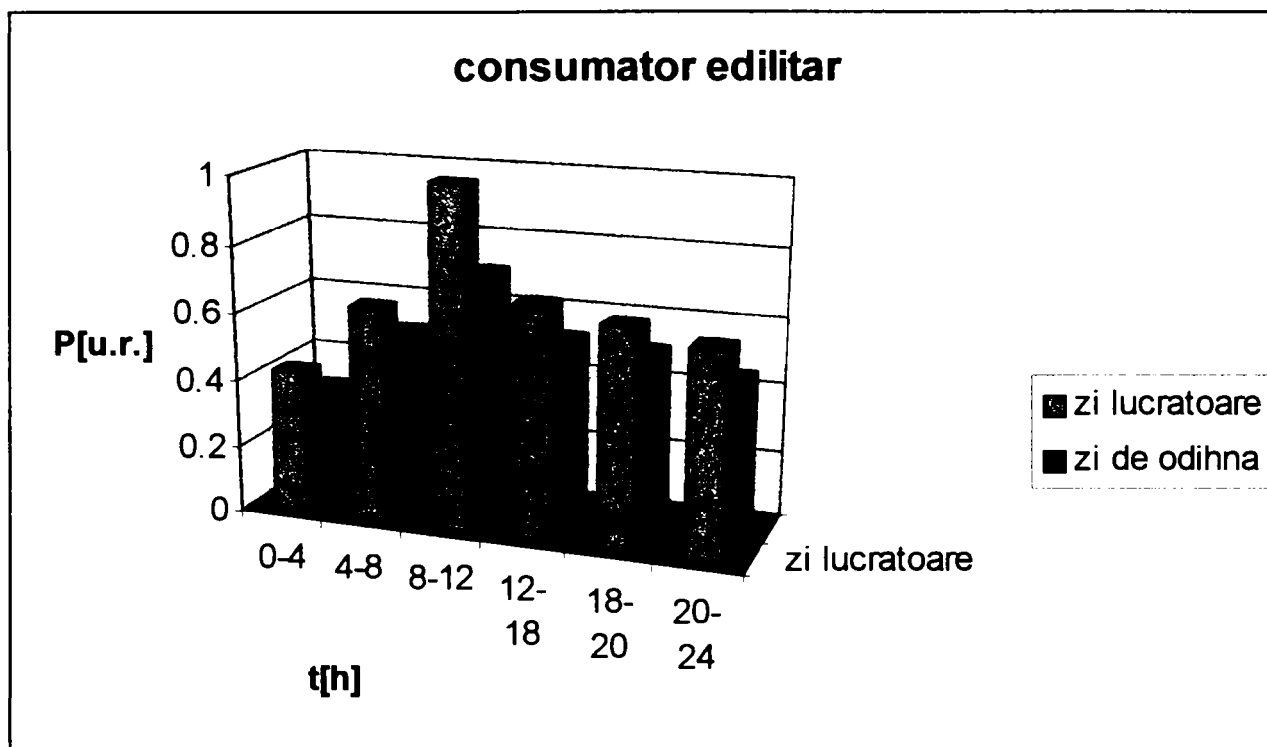


Fig. 4.35 Puterea activă funcție de timp

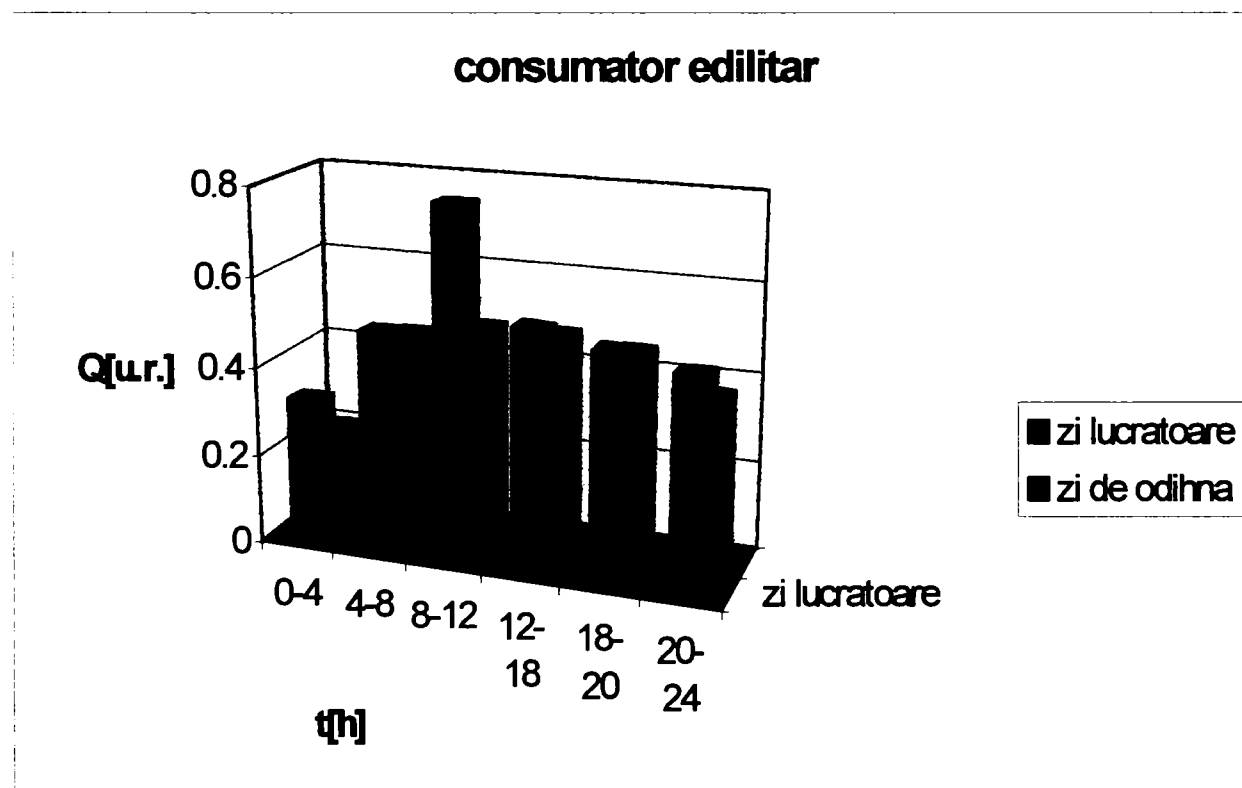


Fig. 4.36 Puterea reactivă funcție de timp

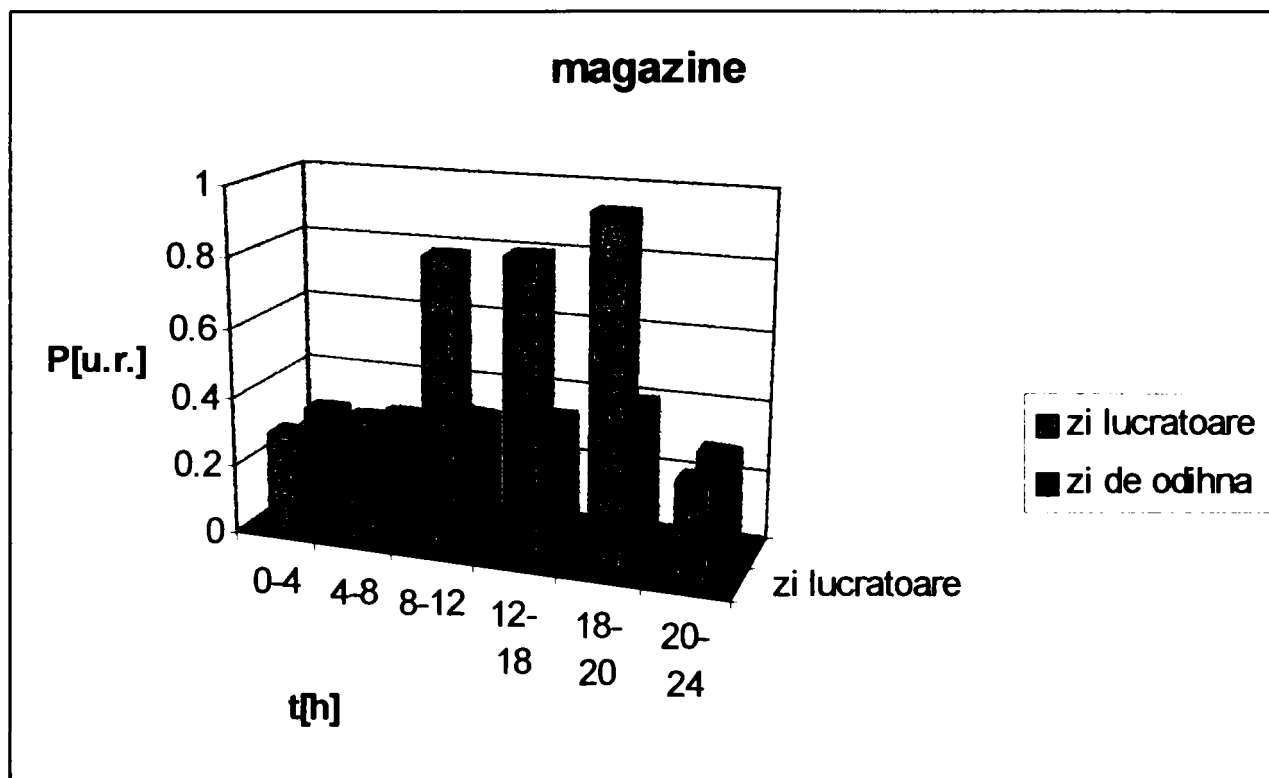


Fig. 4.40 Puterea activă funcție de timp

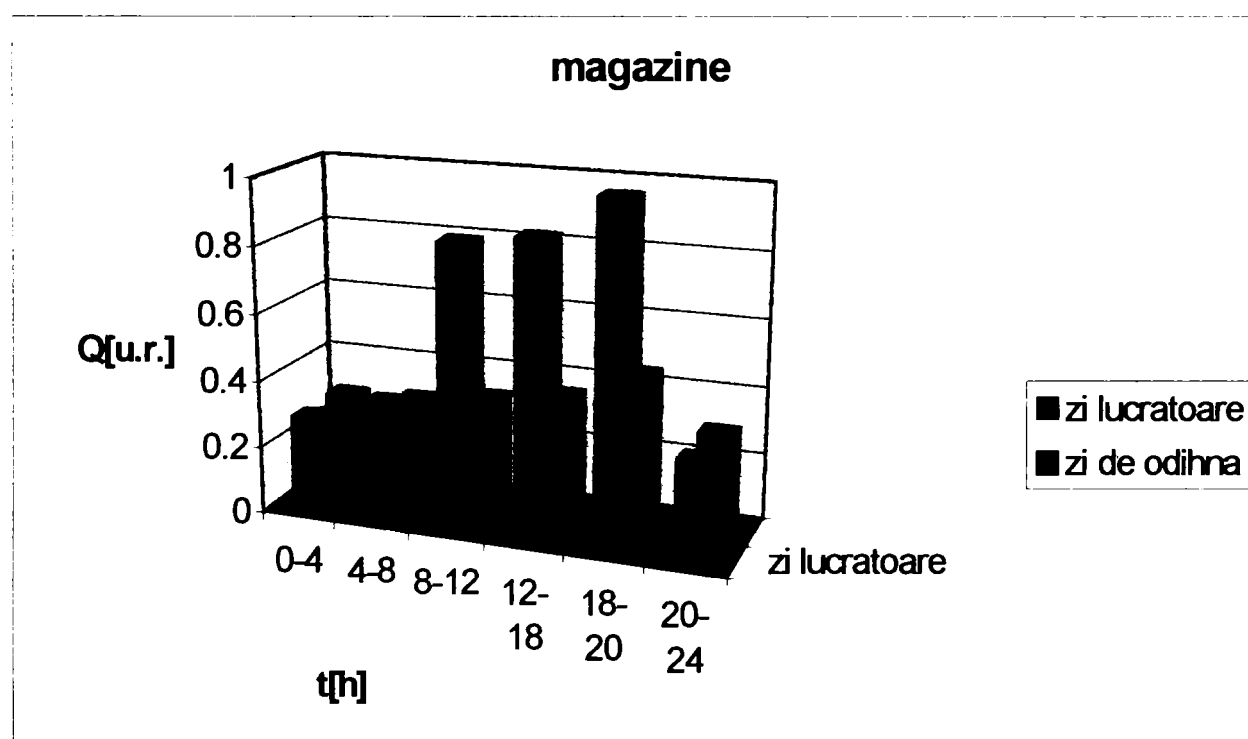


Fig. 4.41 Puterea reactivă funcție de timp

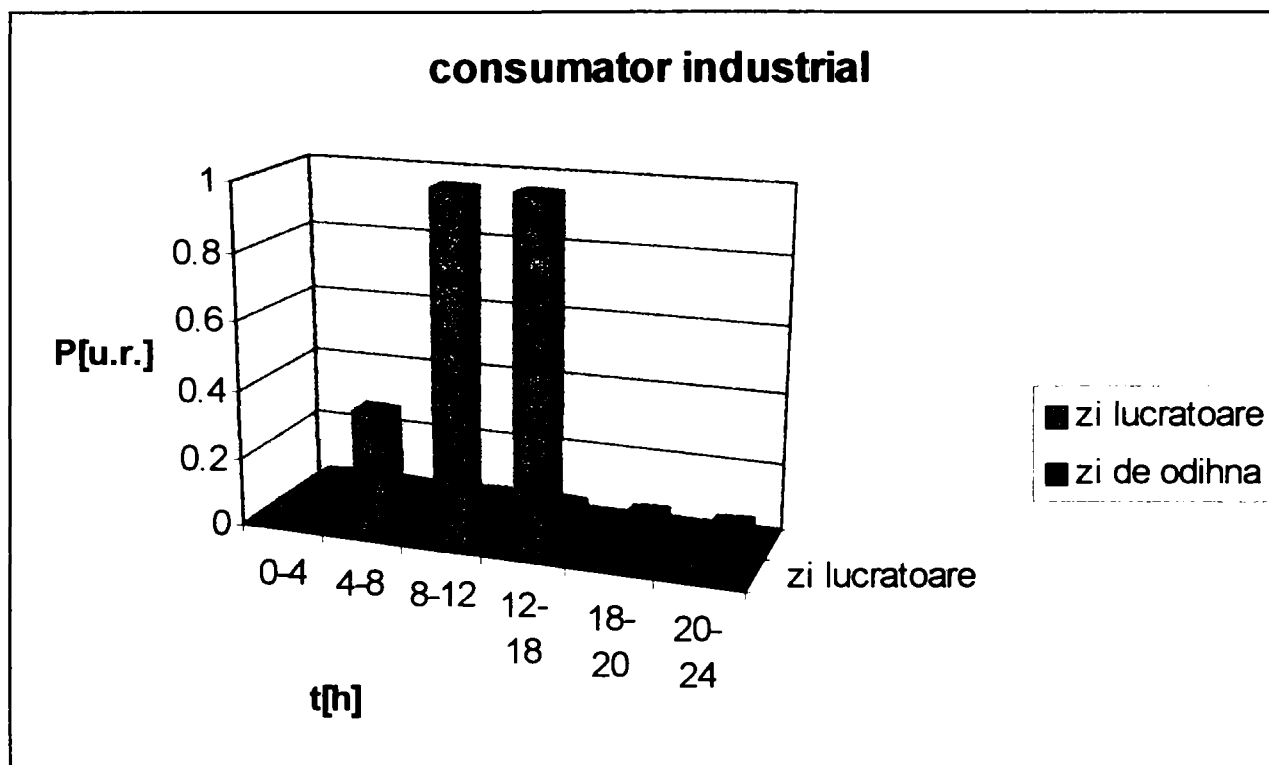


Fig. 4.42 Puterea activă funcție de timp

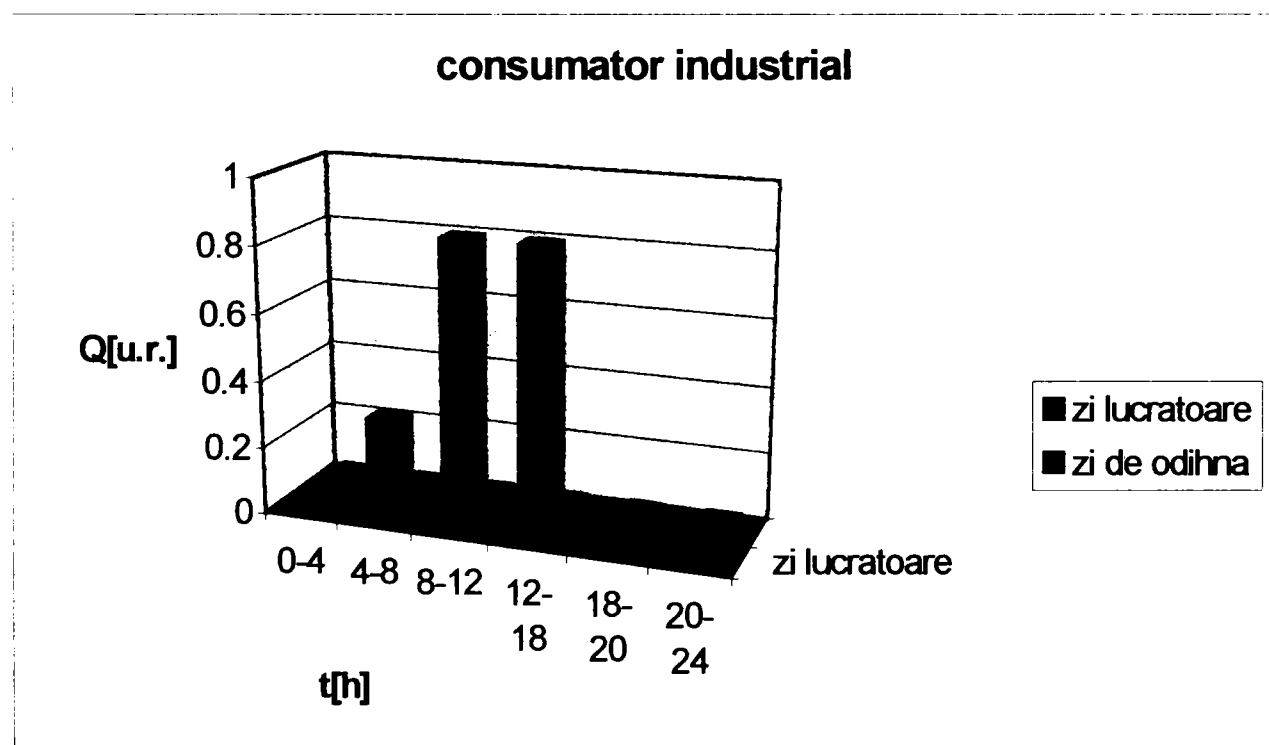


Fig. 4.43 Puterea reactivă funcție de timp

4. În etapa de validare a algoritmului propus și a programului elaborat s-a considerat rețeaua de distribuție de 10kV a orașului Baia Mare (ANEXA 4) care dispune de 90 de noduri și 105 laturi. Dată fiind complexitatea pe de o parte, pe de altă parte lipsa unor informații complete sau considerat puterile medii: activă și reactivă și caracteristicile statice ale sarcinii (în majoritate casnic, edilitar, industrial) rezultând prin reconfigurare situația prezentată în tabelul 4.10.

Tabelul 4.10

Tip calcul	Pierdere de putere [kW]	Pierderi de energie [kWh]	Calificativ tensiune	Plot	Laturi deschise:			
I	343.267	823.841	9,13	0	PT39-PT82	PT76-PT86	PT95-PT17	PA4-PA3
					PA6-PT122	PT122-PT279	PT147-PA6	PA6-PT279
					PT79-PT248	BM4-PT50	PT50-PT177	PT204-PT181
					PT111-PT114	PT140-PT23	PT23-PT101	PT264-PT133
					PT58-PT119			
O	246,234	590,9631	9,97	3	PT39-PT82	PT86-PT87	PT13-PT267	PT122-PT279
					PT122-PA6	PT105-PT97	PT279-PA6	PT248-PT93
					PT50-PT177	PT151-PT148	PT204-PT181	PT153-PT142
					PT136-PT140	PT23-PT101	PT264-PT133	PT120-PT116
					PA4-PA3			

Se constată din cele prezentate în tabelul 4.10 că procesarea îngrijită a bazei de date referitoare la consumatorii rețelei și a restricțiilor impuse de calitatea tensiunii conduce la obținerea unei imagini reale a nivelului de tensiune în nodurile rețelei și a poziției plotului transformatoarelor din stațiile de alimentare. Stabilirea configurației cvasioptime a rețelei de distribuție înseamnă de fapt și reducerea numărului de comutări de ploturi.

#### 4.7. Concluzii

Din cele prezentate în cadrul acestui capitol rezultă următoarele:

- procesul de reconfigurare al rețelelor de distribuție este unul complex, care conduce la un regim cvasioptim de funcționare al rețelei;
- pentru asigurarea unei scheme reale de funcționare prin reconfigurare este necesar a lua în considerare informații complete despre consumatorii rețelei și despre posibilitățile de reglare a tensiunii în nodurile rețelei. În legătură cu datele despre consumatorii aceștia se referă la curbele de sarcină și la caracteristicile statice ale sarcinii;

-în condițiile în care consumatorii rețelei de distribuție sunt practic de același tip, cu același regim de funcționare, considerarea curbelor de sarcină în procesul de reconfigurare nu duce la rezultate diferite față de cazul când acestea nu se consideră; dacă însă pe aceeași fideri se află consumatori de tip diferit, rezultatele pot să difere sensibil, este evident că în aceste condiții pentru pornirea tehnicilor de debuclare cvasioptimă se vor folosi pierderile de energie în rețea și nu acelea de putere;

-condițiile în care consumatorii rețelei de distribuție sunt de același tip și prezintă regimuri de funcționare similare reconfigurarea poate fi efectuată într-o primă etapă folosind puteri medii și tensiuni medii considerate în banda admisibilă de tensiune a nodurilor consumatoare; funcția obiectiv în aceste condiții poate fi pierderea de putere. Rezultatele obținute însă nu sunt întotdeauna conforme cu situația reală pot fi și situații în care lipsa mijloacelor de reglare în noduri conduce la neîncadrarea tensiunii la bornele consumatorului în limitele admisibile;

-considerarea calității tensiunii în procesul de reconfigurare, în primul rând a nivelului de tensiune, dă o altă imagine procesului, încadrându-l fără doar și poate în unul de optimizare (sau cvasioptimizare) multicriterială. Se pornește cu criteriul pierderilor de putere (sau energie) minimă, se trece apoi la asigurarea nivelului de tensiune, modificarea poziției ploturilor transformatoarelor din stații, reducerea la minimum a numărului de comutări. Problema devine complexă, dar mult mai apropiată de situația reală, stabilirea noii scheme de funcționare a rețelei nu poate fi separată de procesul de reglare a tensiunii;

-modificarea tensiunii în nodurile de alimentare impune modificarea tensiunii nodurilor consumatoare care conform caracteristicilor statice de sarcină vor absorbi alte puteri; deci se modifică corespunzător circulația puterilor pe laturile rețelei și pierderile de tensiune. Dacă modificarea puterilor este considerată în bilanțul pierderilor acestea din urmă se modifică față de situația neconsiderării caracteristicilor statice și nivelul pierderilor de putere și energie va fi altul; corespunzător survine și necesitatea modificării ploturilor în stațiile de alimentare pentru a putea asigura menținerea tensiunii în banda admisibilă;

-considerarea caracteristicilor statice ale sarcinii și a curbelor de sarcină conduce la rezultate mult mai apropiate de realitate decât considerarea unor puteri medii constante;

-prin utilizarea procedurii de reconfigurare propuse se poate asigura creșterea calității energiei electrice livrate consumatorului. Acest lucru permite eliminarea RAT-urilor care duc la uzura prematură a comutatorului de ploturi, prin comutări prea dese ale acestuia;

-programul se poate utiliza de către specialiștii SDFEE-uri pentru exploatarea mai economică și mai rapidă a rețelelor electrice de distribuție.

Contribuțiile aduse de autor în cadrul acestui capitol sunt esențiale pentru conținutul lucrării și ele se referă la:

- sistematizarea unor probleme legate de calitatea energiei electrice și în mod particular al unuia dintre aspectele sale –calitatea tensiunii de alimentare;
- sistematizarea unor aspecte legate de prezentarea caracteristicilor statice ale consumatorilor, inclusiv a consumatorului complex prezent în nodurile rețelelor de distribuție de medie tensiune;
- evidențierea necesității ca în calcule de reconfigurare să se considere caracteristicile statice ale sarcinii;
- evidențierea modificării circulației de putere reactivă în rețelele electrice în condiții de funcționare cu tensiune și frecvență variabilă;
- evidențierea modificării factorului de putere în nodurile consumatorilor ca urmare a variației tensiunii și frecvenței;
- stabilirea unor concluzii utile privind variația puterii suplimentare de compensare în condițiile modificării factorului de putere impus și a scăderii factorului de putere real al consumatorului;
- elaborarea unui algoritm de calcul privind tehnica de reconfigurare a rețelei de distribuție din considerente de calitate a tensiunii; pornirea tehnicii de reconfigurare este realizată clasic, din considerente de minimizare a pierderilor de putere (și sau energie);
- stabilirea funcției obiectiv fuzzy în condițiile considerării calității tensiunii;
- întocmirea programului de calcul pentru efectuarea reconfigurării rețelei de distribuție cu considerarea caracteristicilor statice ale sarcinii și a curbelor de sarcină;
- efectuarea reconfigurării unei rețele de distribuție din perimetrul orașului Baia Mare considerând puterile medii și maxime; stabilirea de observații din compararea rezultatelor obținute;
- efectuarea reconfigurării unei rețele de distribuție din perimetrul orașului Baia Mare considerând curbele de sarcină ale consumatorilor și caracteristicile statice de sarcină;
- evidențierea concluziilor care se deduc din analiza rezultatelor obținute din studiu de caz analizat și anume utilitatea considerării calității tensiunii ca obiectiv în procesul de reconfigurare a rețelelor de distribuție.



## Bibliografie

- [4.1] Buta. A., Pană A., Milea L. –Calitatea energiei electrice, Editura Agir, București, 2001
- [4.2] Conecini I., Carabulea A, Campean F. –Managementul calității proceselor electrice prin sisteme neuro-expert, Editura Tehnică București 1997
- [4.3] Iordache M, Conecini I. –Calitatea energiei electrice, Editura Tehnică București 1997
- [4.4] Conecini I. –Calitatea energiei electrice, Teză de doctorat, Univesitatea Politehnica București 1999
- [4.5] Conecini I., s.a. –Informatizarea sistemică a filialelor de rețele electrice, Editura Tehnică București 1996
- [4.6] Țăranu V. – Contribuții la studiu calității energiei electrice, Teză de doctorat, Univesitatea Tehnică Gh. Asachi Iași 1994
- [4.7] Ionescu T., Pop O. –Ingineria sistemelor de distribuție a energiei electrice, Editura Tehnică București 1997
- [4.8] Ionescu T.- Indicatorii de calitate a energiei electrice și propuneri de nivele limită admise, Energetica vol. 42, nr. 9, seria B, septembrie-octombrie 1994 pp 204-214
- [4.9] IONESCU T., PAVEL E.-Efectele consumatorilor nesimetrice asupra rețelelor electrice, Energetica vol. 34, nr. 10, octombrie 1986 pp 457-459
- [4.10] Ionescu T., Pavel E.-Considerații privind normarea regimului dezechilibrat în sistemele electroenergetice, Energetica, nr. 1, ianuarie 1990 pp 27-33
- [4.11] Conecini I., Golovanov N. –Aspecte privind calitatea energiei electrice și monitorizarea acesteia, Energetica vol. 44, nr. 2-B, 1996 pp 91-96
- [4.12] Ungureanu M., Toader C., Ioan S. –Perturbații electromagnetice produse de consumatorii racordați la rețelele de joasă și medie tensiune. Efectul utilizării tehnologiei moderne la consumatori, Energetica vol. 44, nr. 2-B, 1996 pp 77-84
- [4.13] Ivan M.,Crăciun M., Elefterescu L.- Banca de date privind calitatea energiei electrice, Energetica vol. 45, nr. 10, 1997 pp 470-476
- [4.14] Peruncic B., Malini M., Wang Z., Liu Y.-Power Quality disturbance detection and classification using wavelets and artificial newronal networks, ICHOP'98, Athens 1998, pp 77-82
- [4.15] Ivas D., Muntenu F., Nemeș C.-Energia electrică marfă sau serviciu? Criterii sistemice de apreciere a calității energiei electrice, CEE'99 sesiunea 2 pp 100-104

- [4.16] Cârțină G., Georgescu G., ș.a. –Rețele neuronale artificiale și sisteme expert în energetică, Editura Gh. Asachi Iași 1994
- [4.17] Barret I-P., Pavard M., -Le réglage de la tension. Aspect generaux, RGE, nr.12,decembrie 1985, pp 908-914
- [4.18] Bergeal J., Bonnard G., Moller G. –Les disequilibres de tension, RGE, nr.10, octombrie 1995, pp721-726
- [4.19] Cavallini A., Gambelli G., s.a. –Analysis and modeling of harmonic pollution due to consumer electronics, ICHOP'98, Athens 1998, pp 865-871
- [4.20] Arie A., s.a. –Poluarea cu armonici a sistemelor electroenergetice funcționand în regim permanent simetric, Editura Academiei Române București 1994
- [4.21] Daniel Sabin D., s.a. –Final rezults from the EPRI Distribution system power quality monitoring tools, POWER QUALITY/POWER VALUE'98, Proceedings, Santa Clara, 1998, pp241-251
- [4.22] Emanuel A. E. –Actual measurement of apparent power and components at low-and medium voltage buses, ETEP, vol 4, nr. 6, 1994, pp 371-380
- [4.23] Poeată A. ș.a. –Transportul si distributia energiei electrice, Ed. Didactica si pedagogica Bucuresti 1981
- [4.24] Crișan O. –Sisteme electroenergetice, Ed. Didactică și pedagogică București 1979
- [4.25] Țugulea A. –Factorul de putere în regim deformant, Energetica, vol. 34, 1986, nr.9 pp407-413
- [4.26] Bala C. s.a. –Bobine de reactanță pentru sisteme energetice, Editura tehnică București, 1980
- [4.27] Alexa D., Hrubaru O. –Aplicații ale convertoarelor statice de putere, Editura tehnică București 1989
- [4.28] Conecini I. –Îmbunătățirea calității energiei electrice, Editura AGIR București 1999
- [4.29] Conecini I. –Sisteme pentru monitorizarea calității energiei electrice, Simpozionul național CEE'99 Târgoviște pp 203-211
- [4.30] Conecini I., ș.a. –Aspecte privind calitatea energiei electrice, cu referire specială la emisiile de curenți armonici în sistemul de distribuție românesc. Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, ianuarie 1998
- [4.31] PE 143/94 Normativ privind limitarea regimului nesimetric și deformant în rețelele electrice
- [4.32] CEI 1000-4-7 General guide on Harmonics and Interharmonics measurements and instrumentation for power supply systems and eipment connectet thereto 1992

- [4.33] Șerban T., Lungu I., Gheorghe S. –Probleme generale privind calitatea energiei electrice în SC ELECTRICA SA, CEE'99 sesiunea 1, pp 5-9
- [4.34]Cârțină Gh., Alexandrescu V., Bonciu C., Bîrlădeanu E. –Coordonarea optimală a mijloacelor de reglaj U-Q în stațiile de distribuție prin tehnici neuro-fuzzy, Energetica, nr. 8-9, 1999
- [4.35] Florez J.,Tapia A., Criado R., Grijalba J. M. –Secondary Voltage Control Based on a Robust Multivariable PI Controller, Proc. of the 11<sup>th</sup> PSCC, Avignon, 30.8-3.9.1993, vol.2, pp.1011-1016
- [4.36] Liu X., Vialas C., Ilic M., Atans M., Heilbronn B. –A New Concept for Tertiari Coordination Secondary Voltage Control on a Large Power Network, Proc. of the 11<sup>th</sup> PSCC, Avignon, 30.8-3.9.1993, vol.2, pp. 995-1002
- [4.37] Grigsby L.L.: Electric power engineering, Handbook, CRCPRESS, IEEE 1998, PRESS, NEW YORK
- [4.38] Chindriș M., ș.a.: Aplicarea logicii fuzzy în proiectarea și analiza rețelelor electrice de distribuție, Energetica, vol.51, nr.1,2003, pp. 19-23
- [4.39] Buta A., Bud C.:Reconfigurarea rețelelor de distribuție, cu considerarea graficelor de sarcină ale consumatorilor, SNRE Pitești 1998, vol.1, pp.790-797
- [4.40] Bud C., Boczor S.:Metode de optimizare a operațiunilor de distribuție în rețelele de MT, SNRE Iași 2000, vol.1
- [4.41] Bud C., Boczor S.: Stabilirea schemei de funcționare optime a rețelelor electrice de distribuție folosind o metodă de reconfigurare, SNRE Băile Felix-Oradea 2002, Lucrarea I.6
- [4.42] Bud C., Boczor S.: Reconfigurarea rețelelor de distribuție din considerente de asigurare a nivelului optim de tensiuni CIE-Oradea 2003
- [4.43] Bud C., Boczor S., Buta A.: Distribution network reconfiguration to improve power quality, Buletinul Științific și Tehnic al Universității POLITEHNICA Timișoara, seria Energetica, fasc 1, 2003 (în curs de publicare)

## Cap. 5 Concluzii și contribuții

Rețelele electrice de distribuție de medie și joasă tensiune reprezintă 85% din totalul rețelelor de transport și distribuție din România în condițiile în care consumul de energie electrică s-a deplasat în ultimii ani spre medie și joasă tensiune. La finele secolului trecut aproape trei sferturi din energia electrică a fost vândută la medie și joasă tensiune, față de 50% în anul 1999.

În aceste condiții două elemente devin importante, pe de o parte pierderile de putere și energie din rețele, care au înregistrat o creștere însemnată, iar pe de altă parte asigurarea calității energiei electrice livrate consumatorilor. Care dintre acestea sunt mai importante; desigur cele legate de calitatea energiei electrice furnizate și aceasta în condițiile liberalizării pieței de energie. Firește pierderile rămân în continuare un deziderat, ele trebuie cât mai mult micșorate și aduse sub un anumit nivel, dar efectele non calității energiei electrice pot conduce la consecințe defavorabile asupra echipamentelor rețelei și consumatorilor, care pot afecta sensibil siguranța în funcționare a acestora și în ultimă instanță a sistemului electroenergetic.

Rețelele electrice urbane de distribuție de medie tensiune, construite în configurație buclată, funcționează de cele mai multe ori în scheme debuclate, arborescente, datorită necesității simplificării condițiilor de exploatare și reducerii investițiilor pentru aspectele de comutație, protecție și automatizări. Dar configurația rețelelor nu rămâne aceeași în cursul exploatării, ci se modifică prin operații de reconfigurare. Operațiile de reconfigurare ale schemelor de funcționare, în special a rețelele electrice urbane de distribuție sunt efectuate, de regulă ca urmare a modificărilor sezoniere a consumului de energie electrică sau pentru eliminarea efectelor unor avarii. De cele mai multe ori aceste operații trebuie efectuate cu un număr limitat de manevre și să asigure calitatea energiei electrice livrate tuturor consumatorilor alimentați de la rețea. În acest sens în categoria manevrelor trebuie introduse alături de acționarea unor întreruptoare sau separatoare de sarcină și comutarea ploturilor transformatoarelor din stațiile de alimentare sau a bateriilor de condensatoare fracționate.

Din aceste motive în conducerea și exploatarea companiilor de distribuție a energiei electrice există preocupări majore pentru stabilirea unor tehnici și programe de calcul care să permită determinarea unei scheme debuclate de funcționare cu manevre cât mai puține, efectuate într-un interval de timp cât mai redus și care să asigure calitatea energiei electrice furnizate consumatorilor, în primul rând calitatea tensiunii de alimentare.

Pe această direcție se înscrie și lucrarea de față, care și-a propus drept scop realizarea unui produs soft care să permită printr-o modelare cât mai completă a rețelei și consumatorilor ei, stabilirea schemei de funcționare din considerente de calitate a energiei livrate consumatorilor, în particular a calității tensiunii de alimentare. Din acest motiv în lucrare alături de problemele specifice operațiilor de reconfigurare (definiții, încadrări, clasificări, tehnici consacrate, etc.) sunt prezentate câteva probleme specifice calității energiei electrice, îndeosebi calității tensiunii de alimentare și metodelor prin care acestea pot fi asigurate: calculul plotului de funcționare la transformatoarele cu reglaj sub sarcină și al acestuia asociat cu treapta de compensare în condițiile când în stație (sau post de transformare) se dispune și de baterii fracționate. Deoarece tehnicile de pornire a procesului de reconfigurare corespund buclării rețelei pe porțiuni și apoi deschiderii buclei acolo unde se obțin rețele radiale cu pierderi minime, autorul a considerat oportun să prezinte în lucrare un capitol referitor la reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție din considerente de pierderi de putere și energie. Cu această ocazie a trecut în revistă atât probleme generale privind calculul pierderilor de energie, metode de calcul, metode de reducere a pierderilor de putere și energie, cât și probleme specifice operațiilor de reconfigurare a rețelelor din considerente de reducere a pierderilor de putere și energie. S-a subliniat faptul că rețeaua funcționează în timp, că desigur sunt util de cunoscut pierderile de putere la un anumit palier, dar determinante sunt pierderile de energie care survin într-un anumit interval de timp, în care apar o succesiune de valori pentru puterea activă și reactivă, conform curbelor de sarcină. Ca urmare în lucrare se prezintă câteva aspecte legate și de curbele de sarcină, mărimi caracteristice, dar mai ales considerarea lor în problemele de reconfigurare. Este interesantă și mai ales utilă interferența dintre curbele de sarcină a diferiților consumatori dispuși pe același fider, sau succesiunea curbelor de sarcină pentru același tip de consumator, dar în zile succesive de lucru și odihnă (VINERI, SÂMBĂTĂ, DUMINICĂ, LUNI).

Un rol important în stabilirea configurației cvasioptime a rețelei îl joacă calitatea datelor. Din acest punct de vedere alături de abordarea deterministă, în lucrare s-a efectuat și una fuzzy. Pentru aceasta sunt făcute referiri la mulțimile fuzzy, la operații cu mulțimile fuzzy, precum și la considerarea mulțimilor fuzzy în soluționarea problemelor de reconfigurare. Considerarea unor funcții obiectiv sub formă fuzzy este adecvată în probleme de reconfigurare, fapt subliniat și de literatura de specialitate.

Abordându-se problema calității tensiunii, aceasta este legată intrinsec de reglajul tensiunii și implicit de răspunsul consumatorilor la variațiile tensiunii la borne. Din acest punct de vedere s-a considerat oportună dezvoltarea aspectelor legate de caracteristicile statice de tensiune (în situații cu totul particulare și frecvența) atât pentru consumatori particulari, consumatori ce

sintetizează principalii consumatori: casnici, rezidențiali, edilitari cât și pentru consumatorul complex întâlnit la nivelul postului de transformare, barele de medie tensiune ale rețelelor de distribuție urbane și rurale.

În situații particulare, de avarii extinse în sistem tensiunea și frecvența pot fi variabile, fapt ce cauzează modificarea circulației de putere reactivă și a factorului de putere în nodurile consumatoare. Aceste aspecte sunt tratate cu multă atenție în lucrare, concluziile desprinse fiind foarte interesante, dar mai ales utile. În același sens se prezintă și problema modificării pierderilor de putere în rețelele electrice la variația tensiunii și frecvenței. Scopul afirmat prin aceste abordări este evidențierea rolului caracteristicilor statice de tensiune ale consumatorilor în probleme ce privesc calitatea tensiunii și vis-a-vis de acesta, reglarea tensiunii.

Un spațiu extins în lucrare îl ocupă prezentarea algoritmului de calcul: modelul matematic, tehnicile de programare utilizate și shema logică principală de calcul. Studiu de caz luat în considerare pentru validarea programului se referă la o rețea concretă de distribuție urbană din orașul Baia Mare, pentru care s-au considerat curbele de sarcină tip aferente consumatorilor și caracteristicile de sarcină. S-au efectuat rulări paralele cu și fără considerarea curbelor de sarcină, puteri medii și maxime, cu și fără considerarea caracteristicilor statice de tensiune. Rezultatele obținute s-au comparat, deducându-se concluzii utile. Dintre concluziile cele mai importante deduse din lucrare se pot enumera:

-În literatură sunt prezentate o diversitate mare de metode de reconfigurare a rețelelor de distribuție, folosite la conducerea și dezvoltarea rețelelor. În prima situație trebuie avut în vedere atât regimul normal de funcționare, cât și de avarie. În regim normal de funcționare schema se configurează pentru: reducerea pierderilor de putere și energie, asigurarea calității energiei electrice livrate consumatorilor, echilibrarea sarcinii pe linii și transformatoare, efectuarea de întreruperi programate în vederea reviziilor și reparațiilor echipamentelor. În regim de avarie reconfigurarea are drept scop separarea elementelor avariate și realimentarea consumatorilor astfel încât consecințele avariei să fie minime.

-În situația când reconfigurarea servește dezvoltării rețelelor electrice de distribuție, aceasta constituie o etapă în extinderea rețelei, etapă ce trebuie să corespundă unor deziderate de calitate a energiei electrice distribuite și unor costuri minime de investiție și exploatare.

-Reconfigurarea rețelelor electrice de distribuție poate fi abordată și ca o problemă de optimizare a schemei de funcționare a rețelei, în care funcția obiectiv corespunde cheltuielilor totale ocazionate de realizarea și exploatarea rețelei, iar restricțiile se referă la nedepășirea sarcinilor maxime admisibile ale liniilor și transformatoarelor, nedepășirea pierderilor de tensiune

admisibile, asigurarea siguranței în funcționarea echipamentelor și calității energiei electrice livrate consumatorilor.

-În ultima vreme restricții deosebite s-au introdus sub aspectul nemodificării reglajelor existente ale protecțiilor prin relee sau al coordonării cât mai comode a sistemului de protecții. La acestea se adaugă cele legate de asigurarea calității energiei electrice furnizate consumatorilor: abateri cât mai reduse de tensiune față de cea nominală (impusă), simetria sistemului trifazat de tensiuni de alimentare, sinusoidalitatea curbelor de tensiune și curent, etc. Asigurarea calității energiei electrice îndeosebi sub aspectul nivelului tensiunii asociază reconfigurării rețelei procesul de reglarea tensiunii, proces specific funcționării rețelelor electrice. Reglarea tensiunii presupune comutarea ploturilor la transformatoare, a bateriilor de condensatoare din stațiile de alimentare. Apar noi restricții referitoare la limitarea numărului de comutări sau a treptelor de baterii de condensatoare. De asemenea se poate limita și numărul de manevre (acționări) ale întrerupătoarelor sau separatoarelor de sarcină efectuate pentru a se asigura configurația dorită.

-Modelul matematic al problemei de optimizare (cvasioptimizare) poate fi alcătuit și considerând drept funcție obiectiv numărul de comutări ale ploturilor transformatorului de alimentare și ale bateriilor fracționate existente în stațiile de alimentare, iar drept restricții cele legate de siguranța elementelor de rețea, continuitatea serviciului de alimentare a consumatorilor și firește calitatea energiei electrice livrate.

-Referitor la calitatea energiei electrice aceasta nu a apărut distinct în funcția obiectiv decât timid, considerându-se drept funcție obiectiv pierderile de putere și energie, iar cerințele calității s-au verificat la restricții. Acesta pare firesc dacă se are în vedere faptul că în rețelele de medie tensiune regimul nesimetric și cel nesinusoidal se manifestă în mică măsură, situații particulare apărând cu totul deosebit (de exemplu rezonanțe armonice) ca urmare abaterea tensiunii nodurilor consumatoare față de tensiunea nominală sau față de una impusă este factorul determinant în aprecierea calității energiei electrice furnizate. Mai mult, calculându-se pentru configurația obținută pe criteriul pierderilor minime de putere, suma pătratelor abaterilor tensiunilor nodurilor rețelelor, adică  $\Sigma(U_i - U_n)^2$  s-a constatat că aceasta este minimă, sau situația când aceasta este minimă corespunde unui nod alăturat. Problema delicată însă care se pune în această situație este aceea referitoare la calculul îngrijit al tensiunilor în nodurile rețelei ținând cont de caracteristicile statice cu tensiunea ale consumatorilor. Desconsiderarea lor, mai ales atunci când pentru asigurarea calității tensiunii în nodurile rețelei este necesară schimbarea sensibilă a plotului transformatorului în stația de alimentare poate conduce la concluzii eronate. Deci reprezentarea consumatorilor prin puteri constante, independente de valoarea tensiunii nu sunt adecvate atunci când în procesul reconfigurării intervine și reglarea tensiunii.

-Dintre metodele de reconfigurare se pot menționa: metoda rețelelor omogene, metode de graf, metode ce folosesc programarea neliniară aplicată pe un graf de fluentă, metode euristice, metode de optimizare multicriteriale. Se remarcă metodele euristice care asociază minimizării pierderilor de putere în rețea identificarea nodului optim în care trebuie compensată puterea reactivă și sistemele expert care reconfigurează rețeaua după producerea unor avarii. În cadrul acestor sisteme, în ultima vreme, au câștigat teren algoritmi genetici, care stabilesc soluția optimă (sau cvasioptimă) a unei probleme de optimizare pe baza unor mecanisme specifice geneticii și selecției naturale.

-În ceea ce privește calculul pierderilor de energie în procesul de reconfigurare, acesta se poate efectua considerând pierderile de putere aferente fiecărui palier și apoi însumându-le la finele intervalului considerat, sau se pot folosi metode simplificate, cum ar fi aceea a curenților mediu pătratic, descoperirii curbilor de sarcină în serii Fourier sau a metodelor statistice. Literatura consemnează o idee interesantă de calcul a pierderilor de putere longitudinale și transversale în rețea folosind variația în timp a curenților și tensiunii pe care considerându-le ca variații periodice, le descompune în armonici.

-Considerarea curbilor de sarcină în procesul de reconfigurare al rețelelor de distribuție atunci când acestea alimentează consumatori de tip diferit cu curbe de sarcină diferite este obligatorie. Considerarea sarcinilor maxime sau medii se recomandă numai atunci când consumatorii sunt de același tip și practic au același program. În aceste condiții aplicarea tehnicilor de reconfigurare poate conduce practic la aceleași configurații pentru rețeaua de distribuție.

-Considerarea pierderilor de putere în condițiile puterilor medii consumate (rezultate din citirile de contor) poate conduce la informații false privind acțiunile de reglare a tensiunii, prestate pentru a asigura calitatea energiei electrice. Ori sub acest aspect, aceste eforturi (număr de comutări de ploturi, baterii de condensatoare) sunt determinante.

-Făcând o comparație între configurația rețelei obținută din considerente de pierderi minime și aceea obținută din considerente de număr de manevre minim pentru asigurarea calității tensiunii se constată că diferențele nu sunt foarte mari (două, trei noduri alăturate), motiv pentru care s-a propus pornirea procedurii de reconfigurare cu o tehnică aferentă minimizării pierderilor de putere (sau energie), completată ulterior cu o căutare în nodurile vecine, astfel încât să se asigure un număr minim de comutări de ploturi la transformatoarele existente în stațiile de alimentare. În aceste condiții s-a eliminat o căutare exhaustivă a soluției cvasioptime.

-Referitor la obținerea curbilor de sarcină pentru consumatorii reprezentativi s-a constatat că folosirea contoarelor electronice este foarte comodă și ea permite selectarea și prelucrarea



datelor aferente pentru un număr relativ mare de consumatori tip. În plus interfața acestor contoare cu un calculator a facilitat stocarea datelor și eliminarea unor date greșite.

-Folosirea mulțimilor fuzzy asigură o alternativă utilă procesului de reconfigurare atât sub aspectul formulării unor restricții cât și a funcției obiectiv. Aceasta se poate efectua foarte comod în condițiile unui singur criteriu sau a mai multor. De asemenea, atunci când datele de intrare (parametrii rețelei, puteri consumate, tensiuni în noduri) nu sunt cunoscute cu certitudine, modelarea fuzzy asigură o elasticitate mult mai bună.

-În problema concretă de reconfigurare folosind drept obiectiv calitatea tensiunii de alimentare, modelarea fuzzy a permis foarte comod printr-un “calificativ” ierarhizarea variantelor stabilite.

-Între varianta cvasioptimă obținută din considerente de  $\Sigma(U_i - U_n)^2$  și aceea a calității tensiunii cotată prin “calificativ” există diferențe sensibile atunci când se iau în considerare mai multe zile succesive de tip diferit: lucru-odihnă.

-Dacă drept criteriu de reconfigurare se consideră calitatea tensiunii este necesară asocierea reglajului de tensiune cu considerarea caracteristicilor statice de tensiune ale sarcinii.

-Pentru consumatorii alimentați de rețeaua de distribuție urbană de medie tensiune considerată, rezultate foarte utile (concretizate prin asigurarea benzii de tensiune și respectiv poziția ploturilor transformatoarelor de alimentare) au fost obținute considerându-se caracteristici statice de putere de forma  $P/P_n = (U/U_n)^\alpha$  și  $Q/Q_n = (U/U_n)^\beta$  unde  $\alpha = 1,05 \div 1,2$  iar  $\beta = 1,5 \div 3$  pentru perioada de vară. Este de așteptat ca pentru perioada de iarnă aceste valori să se modifice,  $\alpha$  deplasându-se spre valori mai mari, la fel și  $\beta$ . Dacă  $\alpha$  și  $\beta$  au valori apropiate de 1, nedepășind spre exemplu valoarea de 1,2 nu se justifică considerarea caracteristicilor statice de tensiune în problema reglajului de tensiune aferent reconfigurării rețelei.

-Atunci când rețeaua funcționează insularizat într-un subsistem, ca urmare a unei avarii și există fără îndoială variații de frecvență, respectiv abateri de la frecvența nominală la stabilirea configurației post-avarie este util a considera caracteristicile statice de tensiune și frecvență ale sarcinilor.

***Contribuțiile aduse de autor în cadrul lucrării de față sunt următoarele:***

- sinteza bibliografică a problematicii legată de reconfigurarea rețelelor de distribuție;
- prezentarea sistematică a metodelor de reconfigurare, și a algoritmilor de soluționare a problemelor corespunzătoare, clasificarea acestor metode din diferite considerente;
- evidențierea aspectelor legate de utilitatea inteligenței artificiale în abordarea și soluționarea problemelor de reconfigurare;

- elaborarea unui program de calcul în limbaj Turbo Pascal pentru reconfigurarea rețelelor folosind un algoritm euristic, combinat cu setul de ecuații backward update aferent circulațiilor de putere într-o rețea radială;
- aplicarea programului de reconfigurare prezentat la un studiu de caz concret al unei rețele de distribuție de 10 kV din orașul Baia Mare, luând în considerare sarcinile medii ale consumatorilor;
- abordarea problemei de reconfigurare a rețelelor de distribuție în condițiile considerării graficelor de sarcină ale consumatorilor pe paliere orare și cu tipuri de consumatori diferiți: rezidențial, casnic ,edilitar, magazin ,industrial;
- aplicarea procedurii mai sus prezentate pentru un studiu de caz al unei rețele de distribuție din orașul Baia Mare, unde curbele de sarcină au fost ridicate cu ajutorul unor contori de tip Alpha;
- elaborarea unui algoritm complex de reconfigurare a rețelelor din considerente de reducere a pierderilor de putere folosind două proceduri de calcul și anume: prima efectuează calculul circulației de puteri și pierderile de tensiune în sensul invers de circulație al curenților, a doua efectueaza același calcul în sensul direct al circulației de puteri. Baza de date se introduce într -un fișier EXCEL care permite o interfață foarte atractivă cu utilizatorul, atât sub aspectul vizualizării, cât și a interpretării grafice prin mijloace specifice. În plus , programul permite printr-o interfață adecvată ca, configurarea să se realizeze în timp real;
- utilizarea mulțimilor fuzzy în problemele de reconfigurare a rețelelor de distribuție sub aspectul considerării datelor de intrare și a formulării restricțiilor, respectiv a definirii funcției obiectiv,
- formularea problemei de reconfigurare a rețelelor de distribuție sub aspectul optimizării din considerente de calitate a energiei, în particular a calității tensiunii. În aceste condiții se face apel la caracteristicile statice de sarcină ale consumatorilor complecși;
- evidențierea modificării circulației de putere reactivă în rețelele electrice în condiții de funcționare cu tensiune și frecvență variabilă;
- elaborarea unui algoritm de reconfigurare și corespunzător a unui program de calcul având drept obiectiv calitatea tensiunii de alimentare, concretizat printr-un reglaj cât mai facil al tensiunii, cu număr de comutari de ploturi minim și cu menținerea tensiunii în banda admisibilă. Sarcina se modifică în timp (paliere orare) conform curbelor de sarcină și cu nivelul tensiunii, respectiv al frecvenței (dacă este cazul), conform caracteristicilor statice ale consumatorilor, funcția obiectiv fiind exprimată cu ajutorul mulțimilor fuzzy;
- aplicarea algoritmului prezentat la un studiu de caz concret, stabilirea de concluzii utile privind importanța considerării reglajului tensiunii în probleme de reconfigurare.

## Anexa 1

```
Public Const zero = 1
Public Const ini = 2
Public Const start = 3
Public Const crt = 4
Public Const opt = 5
Public Const PT = 1
Public Const SAP = 2
Public Const strict = 1
Public Const nonstrict = 2
Public Const primacitire = 1
Public Const recitire = 2
Public sursadate, sir, numedrvi, numediri, numefisi As String
Public n, nrf, nrlat, nrlattmpi, nrlattmpd, i, j, il, jl, k, u, nrlatdesch, n1max, n2max As Integer
Public tipnod(), NrLegNod(), nodinilat(), nodfinilat(), tiplat(), ldrumopt(), ldrumsursa(), ltmpdrum(), sursa() As Integer
Public numenod() As String
Public Graf(), numelat(), latDesch(), leg(), tmpeg(), drumsursa(), tmpdrum(), drumopt() As Integer
Public pnomnod(), qnomnod(), pininod(), qininod(), IaIniNod(), IrlniNod() As Double
Public tensiune, iadm, uminadm, umaxadm, pasplot, tensnoua, unom, alfa, beta, r0, x0 As Single
Public rlat(), xlat() As Double
Public notanod(), llat() As Single 'lungimea laturilor, in metri
Public difumiclat(), difumarelat(), difplat(), difqlat(), difoptplat(), difoptqlat(), difoptumilat(), difoptumalat(), difplatstart(),
difqlatstart(), difumilatstart(), difumalatstart(), ialat(), irlat(), iaoptlat(), iroptlat(), ialatstart(), irlatstart() As Double
Public pnod(), qnod(), unod(), IaNod(), IrNod(), poptnod(), qoptnod(), uoptnod(), iaoptnod(), iroptnod(), pstartnod(), qstartnod(),
ustartnod(), iastartnod(), irstartnod(), pnodzero(), qnodzero(), unodzero(), IaNodzero(), IrNodzero(), sumianod(), sumirnod() As
Double
Public errsursa(), parcurs(), nodcrt(), AreLatDesch(), NeSch(), NodActiv(), LatActiva(), NodConex() As Boolean
Public NrLegInch(), NrLegInchNep(), nodurm(), nrsurse() As Integer
Public Reiterare, AmNodNep, AmCaz1, AmCaz2, AmCaz0, latparcurs() As Boolean
Public valprec, optlocal, valoare, valmax, valcrt, valini, valcrtalt, valcrtalto, valinict1, valinict2 As Double
Public inacceptabil, eroare, errcalcul, iesire, progres, cfigncorect, CautExhaust As Boolean
Public rosu, negru, Fuzzy As Integer
Public NL, cale, Limie As String
Public cerr, limitanota(21), nota(21), mediagen As Single
Public chx, X As VbMsgBoxResult
Public criteriu, tipcalc_ui, detalii, nrplot, nrplotini As Integer '1 -> calcul pe baza tensiunilor, 2-> calcul pe baza curentilor
Public TipReiterare As Byte 'valori : 0 = reiterare uzuala, 1=cu caracteristici de sarcina, 2=dupa ce s-a facut reiterarea cu
caracteristici de sarcina
Public erori, errcritice As String 'oare string ce capacitate maxima are ?
'tablourile complete de valori
Public TipuriCons() As Variant 'tablou cu tipcons(i), descriere(i)
Public TipuriCaract() As Variant 'tablou cu tipcaract(i), Timp(i), descriere(i)
Public coefcar_PO, coefcar_Q(), CoefPMaxNod(), CoefQMaxNod() As Single
'valori curente
Public DimTipCaract, DimTipCons, TipCaract As Byte 'nr.de tipuri noduri, nr.de tipuri interval, tipul intervalului luat in calcul
Public zz As Variant
'Const Fuzzy = 1
Public Const NrElemFuzzy = 4
Public valoaref(NrElemFuzzy), optlocalf(NrElemFuzzy), valmaxf(NrElemFuzzy), valcrtf(NrElemFuzzy), valinif(NrElemFuzzy),
valcrtaltf(NrElemFuzzy), valinict1f(NrElemFuzzy), valinict2f(NrElemFuzzy), valinialtf(NrElemFuzzy) As Double
'Const cerr = 0.02
Public pininodf(), qininodf() As Double
Public tensiunef(NrElemFuzzy) As Double
Public rlatf(), xlatf() As Double
Public difumiclatf(), difumarelatf(), difplatf(), difqlatf(), difoptplatf(), difoptqlatf(), difplatstartf(), difqlatstartf() As Double
Public pnodf(), qnodf(), unodf(), poptnodf(), qoptnodf(), uoptnodf(), pstartnodf(), qstartnodf(), ustartnodf(), pnodzerof(),
qnodzerof(), unodzerof() As Double
Public xa(NrElemFuzzy), xb(NrElemFuzzy), xc(NrElemFuzzy), xd(NrElemFuzzy), xe(NrElemFuzzy) As Double
Public ae As Object
Public stringj As String
Dim xltmpdrum(), xldrumsursa(), xsursa() As Integer
Dim xtmpdrum(), xdrumsursa() As Integer

Public Sub VerifCfg()
```

```

Verificare configuratie
' Creeaza drumul sursa de la nodul nr, sau emite mesaj de eroare daca nu exista sursa pentru un nod consumator
' Toate le pune in tmpdrum
' La final le pune in drumsursa
Dim iv, jv, kv, mv, nv, im, jm, km, nr As Integer
nrnodnep = n
For iv = 1 To n
    If tipnod(iv) = "S" Then
        ltmpdrum(iv) = 1
        sursa(iv) = iv
        tmpdrum(iv, 1) = iv
        NodActiv(iv) = True
        nrnodnep = nrnodnep - 1
        nrsurse(iv) = 1
    Else
        ltmpdrum(iv) = 0
        sursa(iv) = 0
        NodActiv(iv) = False
        nrsurse(iv) = 0
    End If
Next iv
For iv = 1 To nrlat
    latparcurs(iv) = False
Next iv
progres = True
Do While progres
    progres = False
    For i = 1 To nrlat
        If Not latparcurs(i) Then
            If NodActiv(nodinilat(i)) And Not NodActiv(nodfinlat(i)) And tmpleg(nodinilat(i), nodfinlat(i)) <> -1 Then
                ltmpdrum(nodfinlat(i)) = ltmpdrum(nodinilat(i)) + 1
                If nrsurse(nodinilat(i)) > 0 Then
                    nrsurse(nodfinlat(i)) = nrsurse(nodinilat(i)) + 1
                End If
                For j = 1 To ltmpdrum(nodinilat(i))
                    tmpdrum(nodfinlat(i), j) = tmpdrum(nodinilat(i), j)
                    tmpdrum(nodfinlat(i), ltmpdrum(nodfinlat(i))) = nodfinlat(i)
                Next j
                NodActiv(nodfinlat(i)) = True
                nrnodnep = nrnodnep - 1
                progres = True
                latparcurs(i) = True
            Else
                If NodActiv(nodfinlat(i)) And Not NodActiv(nodinilat(i)) And leg(nodfinlat(i), nodinilat(i)) <> -1 Then
                    ltmpdrum(nodinilat(i)) = ltmpdrum(nodfinlat(i)) + 1
                    If nrsurse(nodfinlat(i)) > 0 Then
                        nrsurse(nodinilat(i)) = nrsurse(nodfinlat(i)) + 1
                    End If
                    For j = 1 To ltmpdrum(nodfinlat(i))
                        tmpdrum(nodinilat(i), j) = tmpdrum(nodfinlat(i), j)
                        tmpdrum(nodinilat(i), ltmpdrum(nodinilat(i))) = nodinilat(i)
                    Next j
                    NodActiv(nodinilat(i)) = True
                    nrnodnep = nrnodnep - 1
                    progres = True
                    latparcurs(i) = True
                Else
                    If NodActiv(nodfinlat(i)) And NodActiv(nodinilat(i)) And leg(nodinilat(i), nodfinlat(i)) <> -1 Then
                        If nrsurse(nodinilat(i)) > 0 And nrsurse(nodfinlat(i)) > 0 Then
                            X = MsgBox("Nodurile " + numenod(nodinilat(i)) + ", " + numenod(nodfinlat(i)) + " alimentate din mai multe surse!!", 0, "Configuratie eronata")
                            errursa(nodinilat(i)) = True
                            errursa(nodfinlat(i)) = True
                            latparcurs(i) = True
                        Else ' doar unul e legat la sursa
                            If nrsurse(nodinilat(i)) > 0 Then 'nodini e legat la sursa
                                nrsurse(nodfinlat(i)) = nrsurse(nodinilat(i))
                            End If
                        End If
                    End If
                End If
            End If
        End If
    Next i
    If progres = False Then
        Exit Do
    End If
End Do

```

```

    For j = 1 To ltmpdrum(nodinilat(i))
        ltmpdrum(nodfinlat(i)) = ltmpdrum(nodfinlat(i)) + 1
        tmpdrum(nodfinlat(i), ltmpdrum(nodfinlat(i))) = tmpdrum(nodinilat(i), j)
    Next j
    sursa(nodfinlat(i)) = sursa(nodinilat(i))
Else 'nodfin e legat la sursa
    nrsurse(nodinilat(i)) = nrsurse(nodfinlat(i))
    For j = 1 To ltmpdrum(nodfinlat(i))
        ltmpdrum(nodinilat(i)) = ltmpdrum(nodinilat(i)) + 1
        tmpdrum(nodinilat(i), ltmpdrum(nodinilat(i))) = tmpdrum(nodfinlat(i), j)
    Next j
    sursa(nodinilat(i)) = sursa(nodfinlat(i))
End If
    nrnodnep = nrnodnep - 1
    progres = True
    latparcurs(i) = True
End If
End If
End If
End If
Next i
Loop
If nrnodnep > 0 Then
    For i = 1 To n
        If Not NodActiv(i) Then
            errsursa(i) = True
        Else
            If tipnod(tmpdrum(i, ltmpdrum(i))) = "S" Then
                errsursa(i) = False
            Else
                errsursa(i) = True
            End If
        End If
    Next i
Else
    For i = 1 To n
        If nrsurse(i) > 1 Then
            X = MsgBox("Configuratie eronata : nodul " + numenod(i) + " este alimentat din mai multe surse!!", 0, "Eroare")
            errsursa(i) = True
        Else
            ldrumsursa(i) = ltmpdrum(i)
            For j = 1 To ldrumsursa(i)
                drumsursa(i, j) = tmpdrum(i, ldrumsursa(i) - j + 1)
            Next j
            If tipnod(drumsursa(i, ldrumsursa(i))) <> "S" Then
                errsursa(i) = True
                X = MsgBox("Configuratie eronata : nodul " + numenod(i) + " nu este alimentat din nici o sursa!!", 0, "Eroare")
            End If
        End If
    Next i

    For i = 1 To n
        For j = 1 To ldrumsursa(i)
            tmpdrum(i, j) = drumsursa(i, j)
            drumopt(i, j) = drumsursa(i, j)
        Next j
        ldrumopt(i) = ldrumsursa(i)
        ltmpdrum(i) = ldrumsursa(i)
        NodActiv(i) = True
        sursa(i) = drumsursa(i, ldrumsursa(i))
    Next i
End If
End Sub ' VerifCfg

Public Sub CalcLin(i, j)
'Calcul pe linia i-j

```

```

Dim oci, nrl, kc, nf As Integer
Dim maxu As Double
Dim maxuf(NrElemFuzzy) As Double
'caut numarul laturii

```

```

If j <> 0 Then
nrl = numelat(i, j)
If nrl <> 0 Then
If tipcalc_ui <> 2 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or (criteriu = SAP) Then
If tmpeg(i, j) <> -1 Then
If Fuzzy = 0 Then
difplat(nrl) = (pnod(i) * pnod(i) + qnod(i) * qnod(i)) / (unod(i) * unod(i)) * rlat(nrl)
pnod(j) = pnod(j) + pnod(i) + difplat(nrl)
difqlat(nrl) = (pnod(i) * pnod(i) + qnod(i) * qnod(i)) / (unod(i) * unod(i)) * xlat(nrl)
qnod(j) = qnod(j) + qnod(i) + difqlat(nrl)
difumarelat(nrl) = (pnod(i) * rlat(nrl) + qnod(i) * xlat(nrl)) / unod(i)
difumiclat(nrl) = (pnod(i) * xlat(nrl) - qnod(i) * rlat(nrl)) / unod(i)
Else
'a = Ori(pnodf(i), pnodf(i))
xa(1) = Min(pnodf(i, 1) * pnodf(i, 1), pnodf(i, 1) * pnodf(i, 4), pnodf(i, 4) * pnodf(i, 1), pnodf(i, 4) * pnodf(i, 4))
xa(2) = Min(pnodf(i, 2) * pnodf(i, 2), pnodf(i, 2) * pnodf(i, 3), pnodf(i, 3) * pnodf(i, 2), pnodf(i, 3) * pnodf(i, 3))
xa(3) = Max(pnodf(i, 3) * pnodf(i, 3), pnodf(i, 3) * pnodf(i, 2), pnodf(i, 2) * pnodf(i, 3), pnodf(i, 2) * pnodf(i, 2))
xa(4) = Max(pnodf(i, 4) * pnodf(i, 4), pnodf(i, 4) * pnodf(i, 1), pnodf(i, 1) * pnodf(i, 4), pnodf(i, 1) * pnodf(i, 1))

'b = Ori(qnodf(i), qnodf(i))
xb(1) = Min(qnodf(i, 1) * qnodf(i, 1), qnodf(i, 1) * qnodf(i, 4), qnodf(i, 4) * qnodf(i, 1), qnodf(i, 4) * pnodf(i, 4))
xb(2) = Min(qnodf(i, 2) * qnodf(i, 2), qnodf(i, 2) * qnodf(i, 3), qnodf(i, 3) * qnodf(i, 2), qnodf(i, 3) * pnodf(i, 3))
xb(3) = Max(qnodf(i, 3) * qnodf(i, 3), qnodf(i, 3) * qnodf(i, 2), qnodf(i, 2) * qnodf(i, 3), qnodf(i, 2) * pnodf(i, 2))
xb(4) = Max(qnodf(i, 4) * qnodf(i, 4), qnodf(i, 4) * qnodf(i, 1), qnodf(i, 1) * qnodf(i, 4), qnodf(i, 1) * pnodf(i, 1))

'c = Plus(a,b)
xc(1) = xa(1) + xb(1)
xc(2) = xa(2) + xb(2)
xc(3) = xa(3) + xb(3)
xc(4) = xa(4) + xb(4)

'd = Ori(unodf(i), unodf(i))
xd(1) = Min(unodf(i, 1) * unodf(i, 1), unodf(i, 1) * unodf(i, 4), unodf(i, 4) * unodf(i, 1), unodf(i, 4) * unodf(i, 4))
xd(2) = Min(unodf(i, 2) * unodf(i, 2), unodf(i, 2) * unodf(i, 3), unodf(i, 3) * unodf(i, 2), unodf(i, 3) * unodf(i, 3))
xd(3) = Max(unodf(i, 3) * unodf(i, 3), unodf(i, 3) * unodf(i, 2), unodf(i, 2) * unodf(i, 3), unodf(i, 2) * unodf(i, 2))
xd(4) = Max(unodf(i, 4) * unodf(i, 4), unodf(i, 4) * unodf(i, 1), unodf(i, 1) * unodf(i, 4), unodf(i, 1) * unodf(i, 1))

'e = Per(c,d)
If xd(1) = 0 Or xd(4) = 0 Then
If Not errcalcul Then
errcritice = errcritice & "Impartire cu zero la calculul tensiunii in nodul " + numenod(i) + " !" & Chr(13)
errcalcul = True
End If
xe(1) = 0
xe(4) = 0
Else
xe(1) = Min(xc(1) / xd(1), xc(1) / xd(4), xc(4) / xd(1), xc(4) / xd(4))
xe(4) = Max(xc(4) / xd(4), xc(4) / xd(1), xc(1) / xd(4), xc(1) / xd(1))
End If
If xd(2) = 0 Or xd(3) = 0 Then
If Not errcalcul Then
errcalcul = True
errcritice = errcritice & "Impartire cu zero la calculul tensiunii in nodul " + numenod(i) + " !" & Chr(13)
End If
xe(2) = 0
xe(3) = 0
Else
xe(2) = Min(xc(2) / xd(2), xc(2) / xd(3), xc(3) / xd(2), xc(3) / xd(3))
xe(3) = Max(xc(3) / xd(3), xc(3) / xd(2), xc(2) / xd(3), xc(2) / xd(2))
End If

'f = Ori(e,rlat(nrl))

```

```

difplatf(nrl, 1) = Min(xe(1) * rlatf(nrl, 1), xe(1) * rlatf(nrl, 4), xe(4) * rlatf(nrl, 1), xe(4) * rlatf(nrl, 4))
difplatf(nrl, 2) = Min(xe(2) * rlatf(nrl, 2), xe(2) * rlatf(nrl, 3), xe(3) * rlatf(nrl, 2), xe(3) * rlatf(nrl, 3))
difplatf(nrl, 3) = Max(xe(3) * rlatf(nrl, 3), xe(3) * rlatf(nrl, 2), xe(2) * rlatf(nrl, 3), xe(2) * rlatf(nrl, 2))
difplatf(nrl, 4) = Max(xe(4) * rlatf(nrl, 4), xe(4) * rlatf(nrl, 1), xe(1) * rlatf(nrl, 4), xe(1) * rlatf(nrl, 1))
difplat(nrl) = (difplatf(nrl, 2) + difplatf(nrl, 3)) / 2

```

```

'difplatf(nrl) = Ori(Per(Plus(Ori(pnodf(i), pnodf(i)), Ori(qnodf(i), qnodf(i))), Ori(unodf(i), unodf(i))), rlatf(nrl))
pnodfj, 1) = pnodfj, 1) + pnodf(i, 1) + difplatf(nrl, 1)
pnodfj, 2) = pnodfj, 2) + pnodf(i, 2) + difplatf(nrl, 2)
pnodfj, 3) = pnodfj, 3) + pnodf(i, 3) + difplatf(nrl, 3)
pnodfj, 4) = pnodfj, 4) + pnodf(i, 4) + difplatf(nrl, 4)

```

```

pnod(j) = (pnodfj, 2) + pnodfj, 3) / 2

```

```

'difqlatf(nrl) = Ori(Per(Plus(Ori(pnodf(i), pnodf(i)), Ori(qnodf(i), qnodf(i))), Ori(unodf(i), unodf(i))), xlatf(nrl))
difqlatf(nrl, 1) = Min(xe(1) * xlatf(nrl, 1), xe(1) * xlatf(nrl, 4), xe(4) * xlatf(nrl, 1), xe(4) * xlatf(nrl, 4))
difqlatf(nrl, 2) = Min(xe(2) * xlatf(nrl, 2), xe(2) * xlatf(nrl, 3), xe(3) * xlatf(nrl, 2), xe(3) * xlatf(nrl, 3))
difqlatf(nrl, 3) = Max(xe(3) * xlatf(nrl, 3), xe(3) * xlatf(nrl, 2), xe(2) * xlatf(nrl, 3), xe(2) * xlatf(nrl, 2))
difqlatf(nrl, 4) = Max(xe(4) * xlatf(nrl, 4), xe(4) * xlatf(nrl, 1), xe(1) * xlatf(nrl, 4), xe(1) * xlatf(nrl, 1))
difqlat(nrl) = (difqlatf(nrl, 2) + difqlatf(nrl, 3)) / 2
qnodfj) = Plus(Plus(qnodf(j), qnodf(i)), difqlatf(nrl))
qnodfj, 1) = qnodfj, 1) + qnodf(i, 1) + difqlatf(nrl, 1)
qnodfj, 2) = qnodfj, 2) + qnodf(i, 2) + difqlatf(nrl, 2)
qnodfj, 3) = qnodfj, 3) + qnodf(i, 3) + difqlatf(nrl, 3)
qnodfj, 4) = qnodfj, 4) + qnodf(i, 4) + difqlatf(nrl, 4)
qnod(j) = (qnodfj, 2) + qnodfj, 3) / 2

```

```

'difumarelatf(nrl) = Per(Plus(Ori(pnodf(i), rlatf(nrl)), Ori(qnodf(i), xlatf(nrl))), unodf(i))
xa(1) = Min(pnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 1), pnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 4), pnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 1), pnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 4))
xa(2) = Min(pnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 2), pnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 3), pnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 2), pnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 3))
xa(3) = Max(pnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 3), pnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 2), pnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 3), pnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 2))
xa(4) = Max(pnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 4), pnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 1), pnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 4), pnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 1))

```

```

xb(1) = Min(qnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 1), qnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 4), qnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 1), qnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 4))
xb(2) = Min(qnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 2), qnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 3), qnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 2), qnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 3))
xb(3) = Max(qnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 3), qnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 2), qnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 3), qnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 2))
xb(4) = Max(qnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 4), qnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 1), qnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 4), qnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 1))

```

```

xc(1) = xa(1) + xb(1)
xc(2) = xa(2) + xb(2)
xc(3) = xa(3) + xb(3)
xc(4) = xa(4) + xb(4)

```

```

If unodf(i, 1) = 0 Or unodf(i, 4) = 0 Then

```

```

  If Not errcalcul Then

```

```

    errcalcul = True

```

```

    errcritice = errcritice & "Impartire cu zero la calculul tensiunii in nodul " + numenod(i) + " !" & Chr(13)

```

```

  End If

```

```

  difumarelatf(nrl, 1) = 0

```

```

  difumarelatf(nrl, 4) = 0

```

```

Else

```

```

  difumarelatf(nrl, 1) = Min(xc(1) / unodf(i, 1), xc(1) / unodf(i, 4), xc(4) / unodf(i, 1), xc(4) / unodf(i, 4))

```

```

  difumarelatf(nrl, 4) = Max(xc(4) / unodf(i, 4), xc(4) / unodf(i, 1), xc(1) / unodf(i, 4), xc(1) / unodf(i, 1))

```

```

End If

```

```

If unodf(i, 2) = 0 Or unodf(i, 3) = 0 Then

```

```

  If Not errcalcul Then

```

```

    errcalcul = True

```

```

    errcritice = errcritice & "Impartire cu zero la calculul tensiunii in nodul " + numenod(i) + " !" & Chr(13)

```

```

  End If

```

```

  difumarelatf(nrl, 2) = 0

```

```

  difumarelatf(nrl, 3) = 0

```

```

Else

```

```

  difumarelatf(nrl, 2) = Min(xc(2) / unodf(i, 2), xc(2) / unodf(i, 3), xc(3) / unodf(i, 2), xc(3) / unodf(i, 3))

```

```

  difumarelatf(nrl, 3) = Max(xc(3) / unodf(i, 3), xc(3) / unodf(i, 2), xc(2) / unodf(i, 3), xc(2) / unodf(i, 2))

```

```

End If

```

```

difumarelat(nrl) = (difumarelatf(nrl, 2) + difumarelatf(nrl, 3)) / 2

```

```

'difumiclatf(nrl) = Per(Minus(Ori(pnodf(i), xlatf(nrl)), Ori(qnodf(i), rlatf(nrl))), unodf(i))

```

```

xa(1) = Min(pnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 1), pnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 4), pnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 1), pnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 4))
xa(2) = Min(pnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 2), pnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 3), pnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 2), pnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 3))
xa(3) = Max(pnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 3), pnodf(i, 3) * xlatf(nrl, 2), pnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 3), pnodf(i, 2) * xlatf(nrl, 2))
xa(4) = Max(pnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 4), pnodf(i, 4) * xlatf(nrl, 1), pnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 4), pnodf(i, 1) * xlatf(nrl, 1))

```

```

xb(1) = Min(qnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 1), qnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 4), qnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 1), qnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 4))
xb(2) = Min(qnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 2), qnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 3), qnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 2), qnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 3))
xb(3) = Max(qnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 3), qnodf(i, 3) * rlatf(nrl, 2), qnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 3), qnodf(i, 2) * rlatf(nrl, 2))
xb(4) = Max(qnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 4), qnodf(i, 4) * rlatf(nrl, 1), qnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 4), qnodf(i, 1) * rlatf(nrl, 1))

```

```

xc(1) = xa(1) - xb(1)
xc(2) = xa(2) - xb(2)
xc(3) = xa(3) - xb(3)
xc(4) = xa(4) - xb(4)

```

```

If unodf(i, 1) = 0 Or unodf(i, 4) = 0 Then

```

```

    If Not errcalcul Then

```

```

        errcritice = errcritice & "Impartire cu zero la calculul tensiunii in nodul " + numenod(i) + " !" & Chr(13)

```

```

        errcalcul = True

```

```

    End If

```

```

        difumiclatf(nrl, 1) = 0

```

```

        difumiclatf(nrl, 4) = 0

```

```

    Else

```

```

        difumiclatf(nrl, 1) = Min(xc(1) / unodf(i, 1), xc(1) / unodf(i, 4), xc(4) / unodf(i, 1), xc(4) / unodf(i, 4))

```

```

        difumiclatf(nrl, 4) = Max(xc(4) / unodf(i, 4), xc(4) / unodf(i, 1), xc(1) / unodf(i, 4), xc(1) / unodf(i, 1))

```

```

    End If

```

```

If unodf(i, 2) = 0 Or unodf(i, 3) = 0 Then

```

```

    If Not errcalcul Then

```

```

        errcalcul = True

```

```

        errcritice = errcritice & "Impartire cu zero la calculul tensiunii in nodul " + numenod(i) + " !" & Chr(13)

```

```

    End If

```

```

        difumiclatf(nrl, 2) = 0

```

```

        difumiclatf(nrl, 3) = 0

```

```

    Else

```

```

        difumiclatf(nrl, 2) = Min(xc(2) / unodf(i, 2), xc(2) / unodf(i, 3), xc(3) / unodf(i, 2), xc(3) / unodf(i, 3))

```

```

        difumiclatf(nrl, 3) = Max(xc(3) / unodf(i, 3), xc(3) / unodf(i, 2), xc(2) / unodf(i, 3), xc(2) / unodf(i, 2))

```

```

    End If

```

```

        difumiclat(nrl) = (difumiclatf(nrl, 2) + difumiclatf(nrl, 3)) / 2

```

```

    End If 'fuzzy sau nu

```

```

Else

```

```

    difplat(nrl) = 0

```

```

    difqlat(nrl) = 0

```

```

    difumarelat(nrl) = 0

```

```

    difumiclat(nrl) = 0

```

```

End If 'if tmpeg(i,j) < -1

```

```

If Fuzzy = 0 Then

```

```

    maxu = tensiune

```

```

    For kc = 1 To nrlat

```

```

        If (nodinilat(kc) = j Or nodfinlat(kc) = j) And tmpeg(nodinilat(kc), nodfinlat(kc)) < -1 Then

```

```

            nf = nodinilat(kc) + nodfinlat(kc) - j

```

```

            If tipnod(nf) < "S" Then

```

```

                If Sqr((unod(nf) + difumarelat(kc)) * (unod(nf) + difumarelat(kc)) + difumiclat(kc) * difumiclat(kc)) > maxu

```

```

Then

```

```

                    maxu = Sqr((unod(nf) + difumarelat(kc)) * (unod(nf) + difumarelat(kc)) + difumiclat(kc) * difumiclat(kc))

```

```

                    'Print #3, Str(i) + "-" + Str(j) + ":maxu=" + Str(maxu)

```

```

                End If

```

```

            End If '6 iunie

```

```

        End If

```

```

    Next kc

```

```

    unod(j) = maxu

```

```

Else 'if not fuzzy - ramura fuzzy

```

```

    maxu = tensiune

```

```

    For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)

```

```

        maxuf(nrf) = maxu * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

```

```

        maxuf(nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = maxu * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

```



```

Next nrf
For kc = 1 To nrlat
  If (nodinilat(kc) = j Or nodfinlat(kc) = j) And tmpleg(nodinilat(kc), nodfinlat(kc)) <> -1 Then
    nf = nodinilat(kc) + nodfinlat(kc) - j
    If tipnod(nf) <> "S" Then
      xa(1) = unodf(nf, 1) + difumarelatf(kc, 1)
      xa(2) = unodf(nf, 2) + difumarelatf(kc, 2)
      xa(3) = unodf(nf, 3) + difumarelatf(kc, 3)
      xa(4) = unodf(nf, 4) + difumarelatf(kc, 4)

      xb(1) = Min(xa(1) * xa(1), xa(1) * xa(4), xa(4) * xa(1), xa(4) * xa(4))
      xb(2) = Min(xa(2) * xa(2), xa(2) * xa(3), xa(3) * xa(2), xa(3) * xa(3))
      xb(3) = Max(xa(3) * xa(3), xa(3) * xa(2), xa(2) * xa(3), xa(2) * xa(2))
      xb(4) = Max(xa(4) * xa(4), xa(4) * xa(1), xa(1) * xa(4), xa(1) * xa(1))

      xc(1) = Min(difumarelatf(kc, 1) * difumarelatf(kc, 1), difumarelatf(kc, 1) * difumarelatf(kc, 4), difumarelatf(kc, 4)
      * difumarelatf(kc, 1), difumarelatf(kc, 4) * difumarelatf(kc, 4))
      xc(2) = Min(difumarelatf(kc, 2) * difumarelatf(kc, 2), difumarelatf(kc, 2) * difumarelatf(kc, 3), difumarelatf(kc, 3)
      * difumarelatf(kc, 2), difumarelatf(kc, 3) * difumarelatf(kc, 3))
      xc(3) = Max(difumarelatf(kc, 3) * difumarelatf(kc, 3), difumarelatf(kc, 3) * difumarelatf(kc, 2), difumarelatf(kc, 2)
      * difumarelatf(kc, 3), difumarelatf(kc, 2) * difumarelatf(kc, 2))
      xc(4) = Max(difumarelatf(kc, 4) * difumarelatf(kc, 4), difumarelatf(kc, 4) * difumarelatf(kc, 1), difumarelatf(kc, 1)
      * difumarelatf(kc, 4), difumarelatf(kc, 1) * difumarelatf(kc, 1))

      xd(1) = xb(1) + xc(1)
      xd(2) = xb(2) + xc(2)
      xd(3) = xb(3) + xc(3)
      xd(4) = xb(4) + xc(4)

      If xd(1) < 0 Or xd(2) < 0 Or xd(3) < 0 Or xd(4) < 0 Then
        If Not errcalcul Then
          errcalcul = True
          errcritice = errcritice & "Extragere radacina patrata din numar negativ la calculul pe latura " +
          numenod(nodinilat(kc)) + "-" + numenod(nodfinlat(kc)) + "!" & Chr(13)
        End If
        xe(1) = 0
        xe(2) = 0
        xe(3) = 0
        xe(4) = 0
      Else
        xe(1) = Sqr(xd(1))
        xe(2) = Sqr(xd(2))
        xe(3) = Sqr(xd(3))
        xe(4) = Sqr(xd(4))
      End If
      If ((xe(2) + xe(3)) / 2) > maxu Then
        maxuf(1) = xe(1)
        maxuf(2) = xe(2)
        maxuf(3) = xe(3)
        maxuf(4) = xe(4)
        maxu = (xe(2) + xe(3)) / 2
      End If
    End If
  End If 'if nodinilat...
Next kc
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
  unodf(j, nrf) = maxuf(nrf)
Next nrf
unod(j) = (unodf(j, 2) + unodf(j, 3)) / 2
End If 'if fuzzy sau nu
If detalii >= 3 Then
  Print #3, "Calcul " + Trim(numenod(i)) + "-" + Trim(numenod(j)), "DeltaP=", Format(Round(difplat(nrl), 3),
  "#####.###"), "DeltaQ=", Format(Round(difqlat(nrl), 3), "#####.###"), "U(" + Trim(numenod(j)) + ")=",
  Format(Round(unod(j), 3), "#####.###")
End If
Else tipcalc_ui = 2 -> curenti [If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or (criteriu = SAP)]
If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then

```

```

sumianod(j) = sumianod(j) + sumianod(i)
sumimod(j) = sumimod(j) + sumimod(i)
ialat(nrl) = sumianod(i)
irlat(nrl) = sumimod(i)
If detalii >= 3 Then
    Print #3, "Calcul " + Trim(numenod(i)) + "-" + Trim(numenod(j)), "Ia=", Format(Round(ialat(nrl), 3),
"#####.###"), "Ir=", Format(Round(irlat(nrl), 3), "#####.###")
End If
If Sqr(ialat(nrl) * ialat(nrl) + irlat(nrl) * irlat(nrl)) > iadm Then
    errcalcul = True
    erori = erori & "Depasire curent maxim admisibil pe linia " + numenod(i) + " - " + numenod(j) & Chr(13)
    Print #3, "Depasire curent maxim admisibil pe linia " + numenod(i) + " - " + numenod(j)
End If
End If 'tipcalc_ui = 1 sau 2
End If ' If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or (criteriu = SAP) Then
Else 'if nrl < 0
    errcritice = errcritice + "Nod inexistent => eroare la calcul liniar!!" + Chr(13)
    Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Eroare la calcul liniar" + NL
    Print #3, "Eroare la calcul liniar!!" + NL
    Form1.txtexplic.Refresh
End If 'if j < 0
End If ' if nrl < 0
If j < 0 Then
    If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or (criteriu = SAP) Then
        If Abs(unod(j) - tensiune) / tensiune * 100 > 5 Then
            errcalcul = True
            erori = erori & "Depasire de tensiune in nodul " + numenod(j) + "U=" + Str(Round(unod(j), 3)) + " Procent:" +
Str(Round(Abs(unod(j) - tensiune) / tensiune * 100, 2)) & Chr(13)
        End If
    End If
End If
End Sub 'sf.CalcLin

Function CalcNod(i)
    MsgBox ("Calcul nod ramif " + Str(i))
End Function

Public Sub CalculCfg(ByVal tipcalcul As Integer)
'calcul complet pentru o configuratie data
'utilizeaza tmpdram
Dim ic, jc, kc, ec As Integer
'pt.a calcula curentii pe laturi, trebuie sa insumeze, pornind de la sursa, curentii in fiecare nod
'notez aceste sume cu sumia, sumir
If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    For ic = 1 To n
        sumianod(ic) = IaliniNod(ic)
        sumimod(ic) = IrliniNod(ic)
    Next ic
End If
ReDim parcurs(n), nodcrt(n), AreLatDesch(n)
ReDim NrLegInch(n), NrLegInchNep(n), nodurm(n)
For ic = 1 To n
    If NodActiv(ic) Then
        parcurs(ic) = False
        nodcrt(ic) = False
        AreLatDesch(ic) = False
        NrLegInch(ic) = 0
        NrLegInchNep(ic) = 0
        nodurm(ic) = 0
        ltmpdram(ic) = 1
        tmpdram(ic, 1) = ic
    Else
        parcurs(ic) = True
    End If
Next ic
For ic = 1 To n

```

```

If NodActiv(ic) Then
If tipnod(ic) <> "S" Then
If NrLegNod(ic) = 1 Then
nodcrt(ic) = True
For jc = 1 To n
If tmpleg(ic, jc) = 1 Or tmpleg(ic, jc) = 2 Then
nodurm(ic) = jc
End If
Next jc
NrLegInchNep(ic) = 1
Else
For jc = 1 To n
If NodActiv(jc) Then
If ic <> jc Then
If tmpleg(ic, jc) = -1 Then
AreLatDesch(ic) = True
Else
If tmpleg(ic, jc) = 1 Or tmpleg(ic, jc) = 2 Then
NrLegInch(ic) = NrLegInch(ic) + 1
If Not parcurs(jc) Then
NrLegInchNep(ic) = NrLegInchNep(ic) + 1
If NrLegInchNep(ic) = 1 Then
nodurm(ic) = jc
Else
nodurm(ic) = 0
End If
End If
End If
End If
End If
End If
Next jc
If AreLatDesch(ic) And NrLegInchNep(ic) = 1 Then
nodcrt(ic) = True
End If
End If
If nodcrt(ic) Then
If (tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 1) Or (tipcalcul = SAP) Then
pnod(ic) = pminod(ic)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
For nrf = 1 To nrf
pnodf(ic, nrf) = pminodf(ic, nrf)
Next nrf
End If
qnod(ic) = qminod(ic)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
For nrf = 1 To nrf
qnodf(ic, nrf) = qminodf(ic, nrf)
Next nrf
End If
unod(ic) = tensiune
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
unodf(ic, nrf) = tensiune * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
unodf(ic, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = tensiune * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
Next nrf
End If
Else If tipcalc_ui = 2 Then
If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
IaNod(ic) = IaIniNod(ic)
IrNod(ic) = IrIniNod(ic)
End If
End If
End If ' if nodcrt
Else 'nod sursa
For jc = 1 To n
If NodActiv(jc) Then

```

```

If ic <> jc Then
  If tmpeg(ic, jc) = 1 Or tmpeg(ic, jc) = 2 Then
    NrLegInch(ic) = NrLegInch(ic) + 1
    If Not parcurs(jc) Then
      NrLegInchNep(ic) = NrLegInchNep(ic) + 1
    End If
  End If
End If
End If
End If
Next jc
If NrLegInch(ic) = 0 Then
  nodert(ic) = True
  If (tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 1) Or (tipcalcul = SAP) Then
    pnod(ic) = pinod(ic)
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
      For nrf = 1 To nrf
        pnodf(ic, nrf) = pinodf(ic, nrf)
      Next nrf
    End If
    qnod(ic) = qinod(ic)
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
      For nrf = 1 To nrf
        qnodf(ic, nrf) = qinodf(ic, nrf)
      Next nrf
    End If
    unod(ic) = tensiune
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
      For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
        unodf(ic, nrf) = tensiune * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2)) * cerr
        unodf(ic, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = tensiune * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2)) * cerr
      Next nrf
    End If
  Else 'If tipcalc_ui = 2 Then
    If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
      laNod(ic) = lalniNod(ic)
      lrNod(ic) = lrlniNod(ic)
    End If
  End If 'tipcalc_ui = 1 sau 2
End If 'If NrLegInch(ic) = 0
End If 'nod sursa sau consumator
End If 'If NodActiv(ic)
Next ic

'Dupa etapa 1
AmNodNep = True
Do While AmNodNep
  'etapa repetitiva 1
  AmCaz1 = True
  Do While AmCaz1
    AmCaz1 = False
    For ic = 1 To n
      If NodActiv(ic) Then
        If nodert(ic) And (Not parcurs(ic)) And (NrLegInchNep(ic) = 1) And tipnod(ic) <> "S" Then
          If nodurm(ic) = 0 Then 'recalcul nod urmator
            For jc = 1 To n
              If NodActiv(jc) And jc <> ic And Not parcurs(jc) And tmpeg(ic, jc) > 0 Then
                nodurm(ic) = jc
              End If
            Next jc
          End If
          AmCaz1 = True
          Call CalcLin(ic, nodurm(ic))
          If nodurm(ic) <> 0 Then
            ltmpdrum(ic) = ltmpdrum(ic) + 1
            tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)) = nodurm(ic)
          End If
        End If
      End If
    Next ic
  End While
End While

```

```

parcurs(ic) = True
If nodurm(ic) <> 0 Then
    nodcrt(nodurm(ic)) = True
    NrLegInchNep(nodurm(ic)) = NrLegInchNep(nodurm(ic)) - 1
End If
Else
    If nodcrt(ic) And (Not parcurs(ic)) And (NrLegInchNep(ic) = 0) And nodurm(ic) = 0 Then
        AmCaz1 = True
        Call CalcLin(ic, nodurm(ic))
        If nodurm(ic) <> 0 Then
            ltmpdrum(ic) = ltmpdrum(ic) + 1
            tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)) = nodurm(ic)
        End If
        parcurs(ic) = True
    End If
End If
End If
Next ic
Loop

'etapa repetitiva 2
AmCaz2 = True
Do While AmCaz2
    AmCaz2 = False
    For ic = 1 To n
        If NodActiv(ic) And Not parcurs(ic) Then
            If NrLegInch(ic) > 1 And NrLegInchNep(ic) = 0 Then
                AmCaz2 = True
                For kc = 1 To n
                    If NodActiv(kc) Then
                        If tmpleg(kc, ic) > 0 And kc <> ic And parcurs(kc) Then
                            ltmpdrum(kc) = ltmpdrum(kc) + 1
                            tmpdrum(kc, ltmpdrum(kc)) = ic
                        End If
                    End If
                Next kc
                Call CalcNod(ic)
                parcurs(ic) = True
            End If
        End If
    Next ic
Loop
'verific daca mai am noduri neparcurse

AmNodNep = False
For ic = 1 To n
    If NodActiv(ic) And Not parcurs(ic) Then
        AmNodNep = True
    End If
Next ic
Loop
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Calcul executat" + NL
Form1.txtexplic.Refresh
For ic = 1 To n
    If NodActiv(ic) Then
        If tipnod(ic) <> "S" Then
            Do While tipnod(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic))) <> "S"
                ec = tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic))
                kc = ltmpdrum(ec)
                If kc > 1 Then
                    For jc = 2 To kc
                        ltmpdrum(ic) = ltmpdrum(ic) + 1
                        tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)) = tmpdrum(ec, jc)
                    Next jc
                End If
            Loop
        End If
    End If
Next ic

```

```

End If
Next ic

valoare = 0
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If ((tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 1) Or (tipcalcul = SAP)) And Fuzzy = 1
  For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    valoarea(nrf) = 0
  Next nrf
End If
Select Case tipcalcul
Case PT
  If tipcalc_ui = 1 Then
    For ic = 1 To nrlat
      If Fuzzy = 1 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
          valoarea(nrf) = valoarea(nrf) + difplatf(ic, nrf)
        Next nrf
        valoare = (valoarea(2) + valoarea(3)) / 2
      Else
        valoare = valoare + difplatf(ic)
      End If
    Next ic

    Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Pierdere totala: " + Str(Round(valoare, 4)) + NL
  Else ' curenti -> calculez tensiunile in noduri si verific indepl.restrictiei Ui>=Uminadm
    ' calculez lungimea maxima a drumului spre sursa
    k = 0
    For i = 1 To n
      If ltmpdrum(i) > k Then
        k = ltmpdrum(i)
      End If
    Next i
    ' pun tensiunea in surse
    For i = 1 To n
      If tipnod(i) = "S" Then
        unod(i) = tensiune
        pnod(i) = 0
        qnod(i) = 0
        For j = 1 To n
          If tmpleg(i, j) > 0 Then 'exista latura inchisa intre i si j
            pnod(i) = pnod(i) + ialat(numelat(i, j))
            qnod(i) = qnod(i) + irlat(numelat(i, j))
          End If
        Next j
        pnod(i) = Sqr(3#) * unod(i) * pnod(i)
        qnod(i) = Sqr(3#) * unod(i) * qnod(i)
      End If
    Next i
    ' calculez tensiunea in celelalte noduri
    For i = 1 To k - 1
      For j = 1 To n
        If ltmpdrum(j) = i + 1 Then
          i1 = numelat(j, tmpdrum(j, 2))
          unod(j) = unod(tmpdrum(j, 2)) - Sqr(3#) * (ialat(i1) * r0 + irlat(i1) * x0) * llat(i1) / 1000
          If unod(j) < uminadm Then
            errcalcul = True
            erori = erori & "Tensiunea in nodul " + numenod(j) + "(=" + Str(Round(unod(j), 2)) + ") inferioara tensiunii
minime admisibile (= " + Str(uminadm) + ")!" & Chr(13)
          End If
          If unod(j) > umaxadm Then
            errcalcul = True
            erori = erori & "Tensiunea in nodul " + numenod(j) + "(=" + Str(Round(unod(j), 2)) + ") superioara tensiunii
maxime admisibile (= " + Str(umaxadm) + ")!" & Chr(13)
          End If
        End If
      Next j
    Next i
  Next i

```

```

' calculez pierderea totala de putere in retea
valoare = 0
For i = 1 To nrlat
    difplat(i) = 3 * (ialat(i) * ialat(i) + irlat(i) * irlat(i)) * r0 * llat(i) / 1000
    valoare = valoare + 3 * (ialat(i) * ialat(i) + irlat(i) * irlat(i)) * r0 * llat(i) / 1000
Next i
End If ' daca e calcul pe baza curentilor
valcrtalt = 0
For ic = 1 To n
    valcrtalt = valcrtalt + (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)))) / 1000 * (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic,
ltmpdrum(ic)))) / 1000
Next ic
Case SAP
For ic = 1 To n
    valoare = valoare + (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)))) / 1000 * (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic,
ltmpdrum(ic)))) / 1000
Next ic
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "SAP=" + Str(Round(valoare, 4)) + NL
Print #3, Linie + "...SAP=" + Str(Round(valoare, 4)) + NL
valcrtalt = 0
If Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valcrtaltf(nrf) = 0
    Next nrf
End If
For ic = 1 To nrlat
    If Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            valcrtaltf(nrf) = valcrtaltf(nrf) + difplatf(ic, nrf)
        Next nrf
        valcrtalt = (valcrtaltf(2) + valcrtaltf(3)) / 2
    Else
        valcrtalt = valcrtalt + difplat(ic)
    End If
Next ic
End Select
'Atribuirea notelor
mediagen = 0
For ic = 1 To n
    Call calcnota(ic)
    mediagen = mediagen + notanod(ic)
Next ic
mediagen = Round(mediagen / n, 2)
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Nota:" + Str(mediagen) + NL
Form1.txtexplic.Refresh

If detalii >= 2 Then ' tiparire valori in noduri si pe laturi
'capul de tabel pentru datele despre noduri
If tipcalc_ui < 2 Then
    Print #3, "Nod", " P ", " Q ", " U "
Else
    Print #3, "Nod", " Ia ", " Ir ", " P ", " Q ", " U "
End If

For ic = 1 To n
    If tipcalc_ui < 2 Then
        Print #3, Format(numenod(ic), "###"), Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3),
"#####.###"), Format(Round(unod(ic), 3), "#####.###")
        Print #3, numenod(ic), Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(unod(ic), 3), "#####.###")
    Else
        Print #3, Format(numenod(ic), "###"), Format(Round(IaNod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(IrNod(ic), 3),
"#####.###"), Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(unod(ic),
3), "#####.###")
        Print #3, numenod(ic), Format(Round(IaNod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(IrNod(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(unod(ic), 3),
"#####.###")
    End If
Next ic

```

```

End If
Next ic

'capul de tabel pentru datele despre laturi
If tipcalc_ui <> 2 Then
Print #3, "Latura ", " DeltaP ", " DeltaQ ", " Deltaumic", "DeltaUmare"
Else
Print #3, "Latura", " Ia ", " Ir "
End If
For ic = 1 To nrlat
If tipcalc_ui <> 2 Then
Print #3, numenod(nodinilat(ic)) + "-" + numenod(nodfinlat(ic)), Format(Round(difplat(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(difqlat(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(difumiclat(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(difumarelat(ic),
3), "#####.###")
Else
Print #3, numenod(nodinilat(ic)) + "-" + numenod(nodfinlat(ic)), Format(Round(ialat(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(irlat(ic), 3), "#####.###")
End If
Next ic
End If
End Sub 'sf CalculCfg

Public Sub AtrN(ByVal nrnod As Integer, destinatie As Integer, sursa As Integer)
'Atribuire valori pentru un nod
Select Case destinatie
Case start
Select Case sursa
Case crt
pstartnod(nrnod) = pnod(nrnod)
qstartnod(nrnod) = qnod(nrnod)
ustartnod(nrnod) = unod(nrnod)
iastartnod(nrnod) = IaNod(nrnod)
irstartnod(nrnod) = IrNod(nrnod)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
pstartnodf(nrnod, nrf) = pnodf(nrnod, nrf)
qstartnodf(nrnod, nrf) = qnodf(nrnod, nrf)
ustartnodf(nrnod, nrf) = unodf(nrnod, nrf)
Next nrf
End If
Case opt
pstartnod(nrnod) = poptnod(nrnod)
qstartnod(nrnod) = qoptnod(nrnod)
ustartnod(nrnod) = uoptnod(nrnod)
iastartnod(nrnod) = iaoptnod(nrnod)
irstartnod(nrnod) = iroptnod(nrnod)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
pstartnodf(nrnod, nrf) = poptnodf(nrnod, nrf)
qstartnodf(nrnod, nrf) = qoptnodf(nrnod, nrf)
ustartnodf(nrnod, nrf) = uoptnodf(nrnod, nrf)
Next nrf
End If
End Select
Case crt 'dest = crt
Select Case sursa
Case start
pnod(nrnod) = pstartnod(nrnod)
qnod(nrnod) = qstartnod(nrnod)
unod(nrnod) = ustartnod(nrnod)
IaNod(nrnod) = iastartnod(nrnod)
IrNod(nrnod) = irstartnod(nrnod)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
pnodf(nrnod, nrf) = pstartnodf(nrnod, nrf)
qnodf(nrnod, nrf) = qstartnodf(nrnod, nrf)
unodf(nrnod, nrf) = ustartnodf(nrnod, nrf)

```



```

    Next nrf
  End If
Case ini
  pnod(nrnod) = pininod(nrnod)
  qnod(nrnod) = qininod(nrnod)
  unod(nrnod) = tensiune
  IaNod(nrnod) = IaIniNod(nrnod)
  IrNod(nrnod) = IrIniNod(nrnod)
  If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
      pnodf(nrnod, nrf) = pininodf(nrnod, nrf)
      qnodf(nrnod, nrf) = qininodf(nrnod, nrf)
      unodf(nrnod, nrf) = tensiune * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
    Next nrf
  End If
Case zero
  pnod(nrnod) = pnodero(nrnod)
  qnod(nrnod) = qnodero(nrnod)
  unod(nrnod) = unodero(nrnod)
  IaNod(nrnod) = IaNodero(nrnod)
  IrNod(nrnod) = IrNodero(nrnod)
  If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
      pnodf(nrnod, nrf) = pnoderof(nrnod, nrf)
      qnodf(nrnod, nrf) = qnoderof(nrnod, nrf)
      unodf(nrnod, nrf) = unoderof(nrnod, nrf)
    Next nrf
  End If
Case opt
  pnod(nrnod) = popnod(nrnod)
  qnod(nrnod) = qoptnod(nrnod)
  unod(nrnod) = uoptnod(nrnod)
  IaNod(nrnod) = iaoptnod(nrnod)
  IrNod(nrnod) = iroptnod(nrnod)
  If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
      pnodf(nrnod, nrf) = popnodf(nrnod, nrf)
      qnodf(nrnod, nrf) = qoptnodf(nrnod, nrf)
      unodf(nrnod, nrf) = uoptnodf(nrnod, nrf)
    Next nrf
  End If
End Select
Case opt 'dest = opt
  Select Case sursa
  Case crt
    popnod(nrnod) = pnod(nrnod)
    qoptnod(nrnod) = qnod(nrnod)
    uoptnod(nrnod) = unod(nrnod)
    iaoptnod(nrnod) = IaNod(nrnod)
    iroptnod(nrnod) = IrNod(nrnod)
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
      For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        popnodf(nrnod, nrf) = pnodf(nrnod, nrf)
        qoptnodf(nrnod, nrf) = qnodf(nrnod, nrf)
        uoptnodf(nrnod, nrf) = unodf(nrnod, nrf)
      Next nrf
    End If
  End Select
Case zero 'dest = zero
  Select Case sursa
  Case crt
    pnodero(nrnod) = pnod(nrnod)
    qnodero(nrnod) = qnod(nrnod)
    unodero(nrnod) = unod(nrnod)
    IaNodero(nrnod) = IaNod(nrnod)
    IrNodero(nrnod) = IrNod(nrnod)
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then

```

```

    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        pnodzero(nrnod, nrf) = pnodf(nrnod, nrf)
        qnodzero(nrnod, nrf) = qnodf(nrnod, nrf)
        unodzero(nrnod, nrf) = unodf(nrnod, nrf)
    Next nrf
End If
Case opt
    pnodzero(nrnod) = poptnod(nrnod)
    qnodzero(nrnod) = qoptnod(nrnod)
    unodzero(nrnod) = uoptnod(nrnod)
    IaNodzero(nrnod) = iaoptnod(nrnod)
    IrNodzero(nrnod) = iroptnod(nrnod)
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            pnodf(nrnod, nrf) = poptnodf(nrnod, nrf)
            qnodf(nrnod, nrf) = qoptnodf(nrnod, nrf)
            unodf(nrnod, nrf) = uoptnodf(nrnod, nrf)
        Next nrf
    End If
End Select
Case ini 'dest = ini
    Select Case sursa
        Case opt
            'pininod(nrnod) = poptnod(nrnod)
            'qininod(nrnod) = qoptnod(nrnod)
            'uininod(nrnod) = uoptnod(nrnod)
            'IaIniNod(nrnod) = iaoptnod(nrnod)
            'IrIniNod(nrnod) = iroptnod(nrnod)
            'If Fuzzy = 1 Then
            ' For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            '     pininodf(nrnod, nrf) = poptnodf(nrnod, nrf)
            '     qininodf(nrnod, nrf) = qoptnodf(nrnod, nrf)
            '     unodf(nrnod, nrf) = uoptnodf(nrnod, nrf)
            ' Next nrf
            End If
        End Select
    End Select
End Sub

Public Sub Cercetare()
    Screen.MousePointer = vbNoDrop
    optlocal = valcrt
    valmax = valcrt
    valcrtalto = valcrtalt
    For io = 1 To nrlatdesch
        optlocal = valcrt
        If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
            For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                valmaxf(nrf) = valcrtf(nrf)
                optlocalf(nrf) = valcrtf(nrf)
            Next nrf
        End If
        Form1.txtoptim.Text = Str(Round(valmax, 4))
        Form1.txtoptim.Refresh
        If criteriu = PT Then
            Form1.txtenopt.Text = Str(Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
        End If
        For i = 1 To n
            Call AtrN(i, crt, opt)
            Call AtrN(i, start, opt)
        Next i
        For i = 1 To nrlat
            difplat(i) = difoptplat(i)
            difqlat(i) = difoptqlat(i)
            difumiclat(i) = difoptumilat(i)
            difumarelat(i) = difoptumalat(i)
        Next i
    Next io
End Sub

```

```

difplatstart(i) = difoptplat(i)
difqlatstart(i) = difoptqlat(i)
difumilatstart(i) = difoptumilat(i)
difumalatstart(i) = difoptumalat(i)
Next i
If NeSch(io) Then
  latcrt = io
  nod1 = latDesch(io, 1)
  nod2 = latDesch(io, 2)
  ' Voi face active toate nodurile din drumurile sursa ale capetelor laturii taiate, precum si toate nodurile care au in drumul
lor spre sursa pe unul din acestea
  ' Apoi fac active toate laturile ce contin numai noduri active
  ' Fac activa inclusiv latura taiata
  For k = 1 To n
    sursa(k) = drumsursa(k, ldrumsursa(k))
    NodActiv(k) = True
    NodConex(k) = False
  Next k
  For k = 1 To nrlat
    LatActiva(k) = True
  Next k

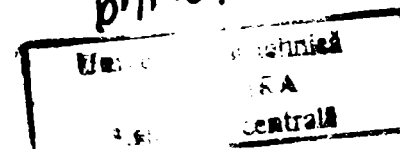
  For il = 1 To nrlat
    difplatstart(il) = difplat(il)
    difqlatstart(il) = difqlat(il)
    difumilatstart(il) = difumilat(il)
    difumalatstart(il) = difumalat(il)
    If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
      For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        difplatstartf(il, nrf) = difplatf(il, nrf)
        difqlatstartf(il, nrf) = difqlatf(il, nrf)
      Next nrf
    End If
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
      iastartnod(nodinilat(il)) = IaNod(nodinilat(il))
      iastartnod(nodfinilat(il)) = IaNod(nodfinilat(il))
      irstartnod(nodinilat(il)) = IrNod(nodinilat(il))
      irstartnod(nodfinilat(il)) = IrNod(nodfinilat(il))
      ialatstart(il) = ialat(il)
      irlatstart(il) = irlat(il)
    End If
  Next il

  ' Deoarece calculul se va face prin adunare, refac valorile calculate in nodurile active, ca si cum nu ar circula putere prin
laturile active
  For k = 1 To n
    Call AtrN(k, crt, ini)
    If (criteriu = SAP) Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Then
      unod(k) = tensiune
      If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
          unodf(k, nrf) = tensiune * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
          unodf(k, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = tensiune * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
        Next nrf
      End If
    End If
  Next k

  For il = 1 To n
    Call AtrN(il, zero, crt)
  Next il

  For k = 1 To ldrumsursa(nod1)
    nrlattmpd = 0
    nrlattmpi = 0
    For il = 1 To nrlat
      difplat(il) = 0

```



```

    difqlat(i1) = 0
    difumiclat(i1) = 0
    difumarelat(i1) = 0
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i1, nrf) = 0
            difqlatf(i1, nrf) = 0
        Next nrf
    End If
Next i1

If leg(drumsursa(nod1, k), drumsursa(nod1, k + 1)) = 1 Then ' latura inchisa cu intreruptor
    For i1 = 1 To n
        For j1 = 1 To n
            tmpeg(i1, j1) = leg(i1, j1)
        Next j1
    Next i1
    tmpeg(nod1, nod2) = 1 'inchid temporar latura curenta
    tmpeg(nod2, nod1) = 1
    nrlattmpi = numelat(nod1, nod2)

    n1 = drumsursa(nod1, k)
    n2 = drumsursa(nod1, k + 1)
    tmpeg(n1, n2) = -1 'deschid temporar alta latura
    tmpeg(n2, n1) = -1
    nrlattmpd = numelat(n1, n2)

    cfgincorect = True
    Call VerCfgTmp
    If Not cfgincorect Then
        difplat(nrlattmpd) = 0
        difqlat(nrlattmpd) = 0
        difumiclat(nrlattmpd) = 0
        difumarelat(nrlattmpd) = 0
        If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
            For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                difplatf(nrlattmpd, nrf) = 0
                difqlatf(nrlattmpd, nrf) = 0
            Next nrf
        End If
        If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
            ialat(nrlattmpd) = 0
            irlat(nrlattmpd) = 0
            IaNod(nodinilat(nrlattmpd)) = IaIniNod(nodinilat(nrlattmpd))
            IaNod(nodfinlat(nrlattmpd)) = IaIniNod(nodfinlat(nrlattmpd))
            IrNod(nodinilat(nrlattmpd)) = IrIniNod(nodinilat(nrlattmpd))
            IrNod(nodfinlat(nrlattmpd)) = IrIniNod(nodfinlat(nrlattmpd))
        End If
        Form1.txtexplic.Text = "Schimb " + numenod(nod1) + "," + numenod(nod2) + " cu " + numenod(n1) + "," +
numenod(n2) + "....." + NL
        Linie = "Schimb " + numenod(nod1) + "," + numenod(nod2) + " cu " + numenod(n1) + "," + numenod(n2)
        Print #3, "Schimb " + numenod(nod1) + "," + numenod(nod2) + " cu " + numenod(n1) + "," + numenod(n2) +
"....."

        Form1.txtexplic.Refresh

        Call CalcVarianta(criteriu)
        If errcalcul Then
            If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or criteriu = SAP Then
                MsgBox ("Solutie inacceptabila!" + Chr(13) + erori)
                Print #3, "....Solutie inacceptabila"
                inacceptabil = True
            Else
                If MsgBox(erori, vbYesNo + vbExclamation, "Solutia ramine acceptabila?") = vbYes Then
                    inacceptabil = False
                    Print #3, "S-a decis acceptarea solutiei"
                Else
                    inacceptabil = True
                End If
            End If
        End If
    End If

```

```

        Print #3, "S-a decis respingerea solutiei"
    End If
End If
Else
    inacceptabil = False
End If
If Not inacceptabil Then
    Form1.txtcurent.Text = Str(Round(valoare, 4))
    Form1.txtcurent.Refresh
    If Optimizare(criteriu, nonstrict, valoare, valmax) Then
        valmax = valoare
        valcrtalto = valcrtalt
        If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
            For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                valmaxf(nrf) = valoaref(nrf)
            Next nrf
        End If
        Form1.txtoptim.Text = Str(Round(valmax, 4))
        Form1.txtoptim.Refresh
        If criteriu = PT Then
            Form1.txtenopt.Text = Str(Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
            Form1.txtenopt.Refresh
        End If

        n1max = n1
        n2max = n2

        For i1 = 1 To n
            ldrumopt(i1) = ltmpdrum(i1)
            For j1 = 1 To ltmpdrum(i1)
                If tmpdrum(i1, j1) = 0 Then
                    ldrumopt(i1) = j1 - 1
                    Exit For
                Else
                    drumopt(i1, j1) = tmpdrum(i1, j1)
                End If
            Next j1
        Next i1

        For i1 = 1 To n
            Call AtrN(i1, opt, crt)
        Next i1
        For i1 = 1 To nrlat
            difoptplat(i1) = difplat(i1)
            difoptqlat(i1) = difqlat(i1)
            difoptumilat(i1) = difumiclat(i1)
            difoptumalat(i1) = difumarelat(i1)
            If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
                For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                    difoptplatf(i1, nrf) = difplatf(i1, nrf)
                    difoptqlatf(i1, nrf) = difqlatf(i1, nrf)
                Next nrf
            End If
            If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
                iaoptmod(nodinilat(i1)) = IaNod(nodinilat(i1))
                iaoptmod(nodfinlat(i1)) = IaNod(nodfinlat(i1))
                iroptmod(nodinilat(i1)) = IrNod(nodinilat(i1))
                iroptmod(nodfinlat(i1)) = IrNod(nodfinlat(i1))
                iaoptlat(i1) = ialat(i1)
                iroptlat(i1) = irlat(i1)
            End If
        Next i1

    Else ' nu s-a optimizat nimic - revin la cfg.initiala
        Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Nu optimizeaza..." + NL
        Form1.txtexplic.Refresh
        'revin la config anterioara
    End If
End If

```

1

```
For il = 1 To nrlat
    difplat(i1) = 0
    difqlat(i1) = 0
    difumiclat(i1) = 0
    difumarelat(i1) = 0
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy =

        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i1, nrf) = 0
            difqlatf(i1, nrf) = 0
        Next nrf
    End If
Next il

For il = 1 To n
    Call AtrN(il, crt, zero)
    ltmpdrum(il) = ldrumsursa(il)
    For j1 = 1 To ltmpdrum(il)
        tmpdrum(il, j1) = drumsursa(il, j1)
    Next j1
    sursa(il) = tmpdrum(il, ltmpdrum(il))
Next il
If Not CautExhaust Then
    Exit For
End If
End If 'optimizare sau nu
End If 'nu a fost eroare inacceptabila
Else
    MsgBox ("Config.incorecta!(1)")
End If
For il = 1 To nrlat
    difplat(i1) = 0
    difqlat(i1) = 0
    difumiclat(i1) = 0
    difumarelat(i1) = 0
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i1, nrf) = 0
            difqlatf(i1, nrf) = 0
        Next nrf
    End If
Next il

For il = 1 To n
    Call AtrN(il, crt, zero)
    ltmpdrum(il) = ldrumsursa(il)
    For j1 = 1 To ltmpdrum(il)
        tmpdrum(il, j1) = drumsursa(il, j1)
    Next j1
    sursa(il) = drumsursa(il, ldrumsursa(il))
Next il

tmpleg(nod1, nod2) = leg(nod1, nod2)
tmpleg(nod2, nod1) = leg(nod2, nod1)
tmpleg(n1, n2) = leg(n1, n2)
tmpleg(n2, n1) = leg(n2, n1)
MsgBox ("S-a refacut configuratia(1)")
End If 'daca era latura cu intreruptor

Next k

For k = 1 To n
    ltmpdrum(k) = ldrumsursa(k)
    For il = 1 To n
        tmpleg(k, il) = leg(k, il)
    Next il
    For il = 1 To ldrumsursa(k)
```

```

    tmpdrum(k, i1) = drumsursa(k, i1)
Next i1
sursa(k) = drumsursa(k, ldrumsursa(k))
Next k

k = numelat(nod1, nod2)
difplat(k) = 0
difqlat(k) = 0
difumiclat(k) = 0
difumiclat(k) = 0
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        difplatf(k, nrf) = 0
        difqlatf(k, nrf) = 0
    Next nrf
End If
If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    ialat(k) = 0
    irlat(k) = 0
    IaNod(nodinilat(k)) = IaIniNod(nodinilat(k))
    IaNod(nodfinlat(k)) = IaIniNod(nodfinlat(k))
    IrNod(nodinilat(k)) = IrIniNod(nodinilat(k))
    IrNod(nodfinlat(k)) = IrIniNod(nodfinlat(k))
End If

'cautare spre nod2
For i1 = 1 To nrlat
    difplat(i1) = 0
    difqlat(i1) = 0
    difumiclat(nrlattmpd) = 0
    difumarelat(nrlattmpd) = 0
    'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1 Then
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i1, nrf) = 0
            difqlatf(i1, nrf) = 0
        Next nrf
    End If
Next i1
For i1 = 1 To n
    Call AtrN(i1, crt, zero)
Next i1

For k = 1 To ldrumsursa(nod2)
    nrlattmpd = 0
    nrlattmpi = 0
    For i1 = 1 To nrlat
        difplat(i1) = 0
        difqlat(i1) = 0
        difumiclat(i1) = 0
        difumarelat(i1) = 0
        If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
            For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                difplatf(i1, nrf) = 0
                difqlatf(i1, nrf) = 0
            Next nrf
        End If
    Next i1
    If leg(drumsursa(nod2, k), drumsursa(nod2, k + 1)) = 1 Then ' latura inchisa cu intreruptor
        For i1 = 1 To n
            For j1 = 1 To n
                tmpleg(i1, j1) = leg(i1, j1)
            Next j1
        Next i1
        tmpleg(nod1, nod2) = 1 'inchid latura curenta
        tmpleg(nod2, nod1) = 1
        nrlattmpi = numelat(nod1, nod2)

```

```

n1 = drumsursa(nod2, k)
n2 = drumsursa(nod2, k + 1)
tmpleg(n1, n2) = -1 'deschid alta latura
tmpleg(n2, n1) = -1
nrlattmpd = numelat(n1, n2)

cfgincorect = True
Call VerCfgTmp
If Not cfgincorect Then
  difplat(nrlattmpd) = 0
  difqlat(nrlattmpd) = 0
  difumiclat(nrlattmpd) = 0
  difumarelat(nrlattmpd) = 0
  If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
      difplatf(nrlattmpd, nrf) = 0
      difqlatf(nrlattmpd, nrf) = 0
    Next nrf
  End If
  If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    ialat(nrlattmpd) = 0
    irlat(nrlattmpd) = 0
    IaNod(nodinilat(nrlattmpd)) = IaIniNod(nodinilat(nrlattmpd))
    IaNod(nodfinlat(nrlattmpd)) = IaIniNod(nodfinlat(nrlattmpd))
    IrNod(nodinilat(nrlattmpd)) = IrIniNod(nodinilat(nrlattmpd))
    IrNod(nodfinlat(nrlattmpd)) = IrIniNod(nodfinlat(nrlattmpd))
  End If
  Form1.txtexplic.Text = "schimb " + numenod(nod1) + "," + numenod(nod2) + " cu " + numenod(n1) + "," +
numenod(n2) + NL
  Linie = "Schimb " + numenod(nod1) + "," + numenod(nod2) + " cu " + numenod(n1) + "," + numenod(n2)
  Print #3, "Schimb " + numenod(nod1) + "," + numenod(nod2) + " cu " + numenod(n1) + "," + numenod(n2)
  Form1.txtexplic.Refresh
  errcalcul = False
  Call CalcVarianta(criteriu)
  If errcalcul Then
    If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or criteriu = SAP Then
      MsgBox ("Solutie inacceptabila!" + Chr(13) + erori)
      Print #3, "...Solutie inacceptabila"
      inacceptabil = True
    Else
      If MsgBox(eroi, vbYesNo, "Solutia ramine acceptabila?") = vbYes Then
        inacceptabil = False
        Print #3, "S-a decis acceptarea solutiei"
      Else
        inacceptabil = True
        Print #3, "S-a decis respingerea solutiei"
      End If
    End If
  Else
    inacceptabil = False
  End If

  If Not inacceptabil Then
    Form1.txtcurent.Text = Str(Round(valoare, 4))
    Form1.txtcrtalt.Text = Str(Round(valcrtalt, 4))
    Form1.txtcurent.Refresh
    Form1.txtcrtalt.Refresh
    If Optimizare(criteriu, nonstrict, valoare, optlocal) Then
      optlocal = valoare
      If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
          optlocalf(nrf) = valoaref(nrf)
        Next nrf
      End If
      If optlocal < valmax Then 'Optim local si global
        valmax = valoare
        valcrtalto = valcrtalt

```



```

If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
  For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    valmaxf(nrf) = valoarea(nrf)
  Next nrf
End If
Form1.txtoptim.Text = Str(Round(valmax, 4))
If criteriu = PT Then
  Form1.txtenopt.Text = Str(Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
  Form1.txtenopt.Refresh
End If
Form1.txtoptim.Refresh
n1max = n1
n2max = n2
For il = 1 To n
  ldrumopt(il) = ltmpdrum(il)
  For j1 = 1 To ltmpdrum(il)
    If tmpdrum(il, j1) = 0 Then
      ldrumopt(il) = j1 - 1
      Exit For
    Else
      drumopt(il, j1) = tmpdrum(il, j1)
    End If
  Next j1
  sursa(il) = drumopt(il, ldrumopt(il))
Next il
For il = 1 To n
  Call AtrN(il, opt, crt)
Next il
For il = 1 To nrlat
  difoptplat(il) = difplat(il)
  difoptqlat(il) = difqlat(il)
  difoptumilat(il) = difumiclat(il)
  difoptumalat(il) = difumarelat(il)
  If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy

    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
      difoptplatf(il, nrf) = difplatf(il, nrf)
      difoptqlatf(il, nrf) = difqlatf(il, nrf)
    Next nrf
  End If
  If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    iaoptnod(nodinilat(il)) = IaNod(nodinilat(il))
    iaoptnod(nodfinlat(il)) = IaNod(nodfinlat(il))
    iroptnod(nodinilat(il)) = IrNod(nodinilat(il))
    iroptnod(nodfinlat(il)) = IrNod(nodfinlat(il))
    iaoptlat(il) = ialat(il)
    iroptlat(il) = irlat(il)
  End If
Next il 'pt.toate laturile active
Else 'Optim local, dar nu global
  For il = 1 To n
    Call AtrN(il, crt, zero)
    ltmpdrum(il) = ldrumsursa(il)
    For j1 = 1 To ltmpdrum(il)
      tmpdrum(il, j1) = drumsursa(il, j1)
    Next j1
    sursa(il) = tmpdrum(il, ltmpdrum(il))
  Next il
End If
Else 'rezultat mai slab
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Nu optimizeaza" + NL
Form1.txtexplic.Refresh
'revin la config anterioara
For il = 1 To nrlat
  difplat(il) = 0
  difqlat(il) = 0
  difumiclat(il) = 0

```

= 1

= 1

```
difumarelat(i1) = 0
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy

    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        difplatf(i1, nrf) = 0
        difqlatf(i1, nrf) = 0
    Next nrf
End If
Next i1

For i1 = 1 To n
    Call AtrN(i1, crt, zero)
    ltmpdrum(i1) = ldrumsursa(i1)
    For j1 = 1 To ldrumsursa(i1)
        tmpdrum(i1, j1) = drumsursa(i1, j1)
    Next j1
    sursa(i1) = drumsursa(i1, ldrumsursa(i1))
Next i1
If Not CautExhaust Then
    Exit For
End If
End If ' rezultat mai bun sau mai slab
End If ' daca n-a fost eroare de calcul
Else
    MsgBox ("Config.eronata(2)")
End If 'daca nu strica configuratia
For i1 = 1 To nrlat
    difplat(i1) = 0
    difqlat(i1) = 0
    difumiclat(i1) = 0
    difumarelat(i1) = 0
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i1, nrf) = 0
            difqlatf(i1, nrf) = 0
        Next nrf
    End If
Next i1

For i1 = 1 To n
    Call AtrN(i1, crt, zero)
    ltmpdrum(i1) = ldrumsursa(i1)
    For j1 = 1 To ltmpdrum(i1)
        tmpdrum(i1, j1) = drumsursa(i1, j1)
    Next j1
    sursa(i1) = drumsursa(i1, ldrumsursa(i1))
Next i1

tmpleg(nod1, nod2) = leg(nod1, nod2)
tmpleg(nod2, nod1) = leg(nod2, nod1)
tmpleg(n1, n2) = leg(n1, n2)
tmpleg(n2, n1) = leg(n2, n1)
MsgBox ("S-a refacut configuratia (2)")
End If 'If leg(drumsursa(nod2, k), drumsursa(nod2, k + 1)) = 1 Then ' latura inchisa cu intreruptor

Next k 'For k = 1 To ldrumsursa(nod2) - 1

Rem am epuizat ambele tipuri de cautari

If Optimizare(criteriu, strict, valmax, valcrt) Then 'permanentizez modificarile
leg(nod1, nod2) = 1
leg(nod2, nod1) = 1
leg(n1max, n2max) = -1
leg(n2max, n1max) = -1
tmpleg(nod1, nod2) = 1
tmpleg(nod2, nod1) = 1
tmpleg(n1max, n2max) = -1
```

```

tmpeg(n2max, n1max) = -1

valcrt = valmax
valcrtalt = valcrtalto
If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
  For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    valcrtf(nrf) = valmaxf(nrf)
  Next nrf
End If

NeSch(io) = False
latDesch(io, 1) = n1max
latDesch(io, 2) = n2max
With Form1.TabLatDesch
  .Row = io
  .Col = 0
  .Text = Str(numelat(n1max, n2max))
  .Col = 1
  .Text = numenod(n1max) + "-" + numenod(n2max)
End With
Print #3, "Se inchide " & numenod(nod1) & "-" & numenod(nod2) & ";se deschide " & numenod(n1max) & "-" &
numenod(n2max) & ".Valoarea obtinuta = " & Str(Round(valmax, 4))
Else
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Nu optimizeaza..." + NL
Print #3, "Latura " & numenod(nod1) & "-" & numenod(nod2) & " ramine deschisa. Valoare obtinuta = " &
Str(Round(valmax, 4))
Form1.txtexplic.Refresh
valmax = valcrt
If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
  For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    valmaxf(nrf) = valcrtf(nrf)
  Next nrf
End If
End If

For i1 = 1 To n
  For j1 = 1 To n
    tmpeg(i1, j1) = leg(i1, j1)
  Next j1
  ltmpdrum(i1) = ldrumopt(i1)
  For j1 = 1 To ltmpdrum(i1)
    tmpdrum(i1, j1) = drumopt(i1, j1)
  Next j1
  sursa(i1) = tmpdrum(i1, ltmpdrum(i1))
  ldrumsursa(i1) = ldrumopt(i1)
  For j1 = 1 To ltmpdrum(i1)
    drumsursa(i1, j1) = drumopt(i1, j1)
  Next j1
Next i1

mediagen = 0
For i1 = 1 To n
  Call AtrN(i1, start, opt)
  Call AtrN(i1, crt, opt)
  Call calcnota(i1)
  mediagen = mediagen + notanod(i1)
Next i1
mediagen = Round(mediagen / n, 2)

For i1 = 1 To nrlat
  difplat(i1) = difoptplat(i1)
  difqlat(i1) = difoptqlat(i1)
  difplatstart(i1) = difoptplat(i1)
  difqlatstart(i1) = difoptqlat(i1)
  difumiclat(i1) = difoptumilat(i1)
  difumarelat(i1) = difoptumalat(i1)
  difumilatstart(i1) = difoptumilat(i1)

```

```

        difumalatstart(i1) = difoptumalat(i1)
        If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1
            For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                difplatf(i1, nrf) = difoptplatf(i1, nrf)
                difqlatf(i1, nrf) = difoptqlatf(i1, nrf)
                difplatstartf(i1, nrf) = difoptplatf(i1, nrf)
                difqlatstartf(i1, nrf) = difoptqlatf(i1, nrf)
            Next nrf
        End If
        If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
            ialat(i1) = iaoptlat(i1) ' nedeclarat iaoptlat
            irlat(i1) = iroptlat(i1)
            ialatstart(i1) = iaoptlat(i1) ' nedeclarat iaoptlat
            irlatstart(i1) = iroptlat(i1)
        End If
    Next i1

End If

For k = 1 To n
    NodActiv(k) = False
    NodConex(k) = False
Next k
For k = 1 To nrlat
    LatActiva(k) = False
Next k
Next io

Form1.txtertalt.Text = Str(Round(valertalto, 4))

Form1.txtertalt.Refresh

Form1.txtexplic.Text = "S-A CALCULAT OPTIMUL"
Print #3, "S-A TERMINAT EXAMINAREA VARIANTELOR POSIBILE"
With Form1.Label
    .Col = 1
    For il = 1 To n
        .Row = il
        .Text = Str(Round(unod(il) / 1000, 5))
    Next il
    .Col = 2
    For il = 1 To n
        .Row = il
        .Text = Str(Round(pnod(il) / 1000, 2))
    Next il
    .Col = 3
    For il = 1 To n
        .Row = il
        .Text = Str(Round(qnod(il) / 1000, 2))
    Next il
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
        .Col = 4
        For il = 1 To n
            .Row = il
            .Text = Str(Round(laNod(il), 3))
        Next il
        .Col = 5
        For il = 1 To n
            .Row = il
            .Text = Str(Round(lrNod(il), 3))
        Next il
    End If
End With
With Form1.TabLaturi
    .Col = 2
    For il = 1 To nrlat
        .Row = il

```

```

        .Text = Str(Round(difplat(i1), 2))
    Next i1
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
        .Col = 3
        For i1 = 1 To nrlat
            .Text = Str(Round(ialat(i1), 3))
        Next i1
        .Col = 4
        For i1 = 1 To nrlat
            .Text = Str(Round(irlat(i1), 3))
        Next i1
    End If
End With
With Form1.TabLatDesch
    For i1 = 1 To nrlatdesch
        .Row = i1
        .Col = 0
        .Text = Str(numelat(latDesch(i1, 1), latDesch(i1, 2)))
        .Col = 1
        .Text = numenod(latDesch(i1, 1)) + "-" + numenod(latDesch(i1, 2))
    Next i1
End With

Form1.txtexplic.Refresh
Form1.txtcurent = Str(Round(valcrt, 4))
Form1.txtcurent.Refresh
Form1.txtoptim = Str(Round(valmax, 4))
Form1.txtoptim.Refresh
If criteriu = PT Then
    Form1.txtenopt.Text = Str(Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
    Form1.txtenopt.Refresh
End If
If Fuzzy = 1 Then 'If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
    Print #3, "Valoarea optima : " & Str(Round(valmax, 4)) + " (" + Str(Round(valmaxf(1), 4)) + "," +
Str(Round(valmaxf(2), 4)) + "," + Str(Round(valmaxf(3), 4)) + "," + Str(Round(valmaxf(4), 4)) + ")" + ", NOTA:" +
Str(mediagen)
Else
    If criteriu = PT Then
        Print #3, "Valoarea optima : " & Str(Round(valmax, 4)) & " (energie: " & Str(Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract,
2), 4)) & ")"
    Else
        Print #3, "Valoarea optima : " & Str(Round(valmax, 4))
    End If
End If

Print #3, "Laturile deschise conform variantei optime:"
For io = 1 To nrlatdesch
    Print #3, numenod(latDesch(io, 1)) + "-" + numenod(latDesch(io, 2))
Next io

Form1.citcfg.Enabled = True
Form1.rezultate.Enabled = True
Form1.Label2.Visible = False
Form1.txtcurent.Visible = False
Form1.txtoptim.FontBold = True
Form1.txtoptim.ForeColor = rosu
Screen.MousePointer = vbDefault
End Sub

Public Sub CalcVarianta(ByVal tipcalcul As Integer)
'utilizeaza datele din tmp
Dim ic, jc, kc, ec As Integer
ReDim parcurs(n), nodcrt(n), AreLatDesch(n)
ReDim NrLegInch(n), NrLegInchNep(n), nodurm(n)
erori = ""
errcalcul = False

```

```

If (tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2) Then
  For ic = 1 To n
    sumianod(ic) = IalInNod(ic)
    sumimod(ic) = IrlInNod(ic)
  Next ic
End If
For ic = 1 To n
  If NodActiv(ic) Then
    parcurs(ic) = False
    nodcrt(ic) = False
    AreLatDesch(ic) = False
    NrLegInch(ic) = 0
    NrLegInchNep(ic) = 0
    If tipnod(ic) <> "S" Then
      nodurm(ic) = tmpdrum(ic, 2)
    Else
      nodurm(ic) = 0
    End If
  Else
    parcurs(ic) = True
  End If
Next ic
For ic = 1 To n
  If NodActiv(ic) Then
    If tipnod(ic) <> "S" Then
      If NrLegNod(ic) = 1 Then
        nodcrt(ic) = True
        For jc = 1 To n
          If tmpleg(ic, jc) = 1 Or tmpleg(ic, jc) = 2 Then
            nodurm(ic) = jc
          End If
        Next jc
        NrLegInchNep(ic) = 1
      Else
        For jc = 1 To n
          If NodActiv(jc) Then
            If ic <> jc Then
              If tmpleg(ic, jc) = -1 Then
                AreLatDesch(ic) = True
              Else
                If tmpleg(ic, jc) = 1 Or tmpleg(ic, jc) = 2 Then
                  NrLegInch(ic) = NrLegInch(ic) + 1
                  If Not parcurs(jc) Then
                    NrLegInchNep(ic) = NrLegInchNep(ic) + 1
                    If NrLegInchNep(ic) = 1 Then
                      nodurm(ic) = jc
                    Else
                      nodurm(ic) = 0
                    End If
                  End If
                End If
              End If
            End If
          End If
        Next jc
      End If
      If NrLegNod(ic) = 1 Then
        If NrLegInchNep(ic) = 1 And (NodConex(ic) Or AreLatDesch(ic)) Then
          nodcrt(ic) = True
          If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or (criteriu = SAP) Then
            If (tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 1) Or (tipcalcul = SAP) Then
              If AreLatDesch(ic) Then
                If detalii >= 3 Then
                  Print #3, "Atribuire nod " + Trim(numenod(ic)), "P=", Format(Round(pininod(ic), 3), "#####.###"), "Q=",
Format(Round(qininod(ic), 3), "#####.###"); "U=", tensiune
                End If
              End If
            End If
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
Next ic

```

```

    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        pnodf(ic, nrf) = pininodf(ic, nrf)
    Next nrf
End If
qnod(ic) = qininod(ic)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        pnodf(ic, nrf) = pininodf(ic, nrf)
    Next nrf
End If
unod(ic) = tensiune
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
        unodf(ic, nrf) = tensiune * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
        unodf(ic, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = tensiune * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
    Next nrf
End If
End If
Else 'tipcalc_ui = 2 -> curenti
    If AreLatDesch(ic) Then
        If detalii >= 3 Then
            Print #3, "Atribuire nod " + Trim(numenod(ic)), "Ia=", Format(Round(IaIniNod(ic), 3), "#####.###"), "Ir=",
Format(Round(IrIniNod(ic), 3), "#####.###")
        End If
        IaNod(ic) = IaIniNod(ic)
        IrNod(ic) = IrIniNod(ic)
    End If
    End If 'tipcalc_ui = 1 sau 2
End If 'If AreLatDesch(ic) And NrLegInchNep(ic) = 1
Else 'nod sursa
    For jc = 1 To n
        If NodActiv(jc) Then
            If ic <> jc Then
                If tmpleg(ic, jc) = 1 Or tmpleg(ic, jc) = 2 Then
                    NrLegInch(ic) = NrLegInch(ic) + 1
                    If Not parcurs(jc) Then
                        NrLegInchNep(ic) = NrLegInchNep(ic) + 1
                    End If
                End If
            End If
        End If
    Next jc
    If NrLegInch(ic) = 0 Then
        nodcrt(ic) = True
        If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) Or (criteriu = SAP) Then
            If (tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 1) Or (tipcalcul = SAP) Then
                If detalii >= 3 Then
                    Print #3, "Atribuire nod " + Trim(numenod(ic)), "P=", Format(Round(pininod(ic), 3), "#####.###"), "Q=",
Format(Round(qininod(ic), 3), "#####.###"); "U=", tensiune
                End If
                pnod(ic) = pininod(ic)
                If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
                    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                        pnodf(ic, nrf) = pininodf(ic, nrf)
                    Next nrf
                End If
                qnod(ic) = qininod(ic)
                If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
                    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                        pnodf(ic, nrf) = pininodf(ic, nrf)
                    Next nrf
                End If
                unod(ic) = tensiune
                If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
                    For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
                        unodf(ic, nrf) = tensiune * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
                        unodf(ic, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = tensiune * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
                    Next nrf
                End If
            End If
        End If
    End If

```

```

        Next nrf
    End If
Else tipcalc_ui = 2 -> curenti
    IaNod(ic) = IaIniNod(ic)
    IrNod(ic) = IrIniNod(ic)
    unod(ic) = tensiune
    If detalii >= 3 Then
        Print #3, "Atribuire nod " + Trim(numenod(ic)), "Ia=", Format(Round(IaIniNod(ic), 3), "#####.###"), "Ir=",
Format(Round(IrIniNod(ic), 3), "#####.###"), "U=", tensiune
    End If
    End If tipcalc_ui = 1 sau 2
    End If 'If NrLegInch(ic) = 0
    End If 'nod sursa sau consumator
    End If 'If NodActiv(ic)
Next ic
Rem Dupa etapa 1

AmNodNep = True
Do While AmNodNep
    Rem etapa repetitiva 0 - noduri conexe
    AmCaz0 = True
    Do While AmCaz0
        AmCaz0 = False
        For ic = 1 To n
            If NodConex(ic) Then
                If nodcrt(ic) And (Not parcurs(ic)) And (NrLegInchNep(ic) = 1) And tipnod(ic) <> "S" Then
                    If nodurm(ic) = 0 Then 'recalcul nod urmator
                        For jc = 1 To n
                            If (NodConex(jc) Or NodActiv(jc)) And jc <> ic And Not parcurs(jc) And tmpeg(ic, jc) > 0 Then
                                nodurm(ic) = jc
                            End If
                        Next jc
                    End If
                    AmCaz0 = True
                    Call CalcLin(ic, nodurm(ic))
                    parcurs(ic) = True
                    If nodurm(ic) <> 0 Then
                        nodcrt(nodurm(ic)) = True
                        NrLegInchNep(nodurm(ic)) = NrLegInchNep(nodurm(ic)) - 1
                    End If
                Else
                    If nodcrt(ic) And (Not parcurs(ic)) And (NrLegInchNep(ic) = 0) And nodurm(ic) = 0 Then
                        AmCaz0 = True
                        Call CalcLin(ic, nodurm(ic))
                        parcurs(ic) = True
                    End If
                End If
            End If
        Next ic
    Loop

    Rem etapa repetitiva 1
    AmCaz1 = True
    Do While AmCaz1
        AmCaz1 = False
        For ic = 1 To n
            If NodActiv(ic) Then
                If nodcrt(ic) And (Not parcurs(ic)) And (NrLegInchNep(ic) = 1) And tipnod(ic) <> "S" Then
                    If nodurm(ic) = 0 Then 'recalcul nod urmator
                        For jc = 1 To n
                            If NodActiv(jc) And jc <> ic And Not parcurs(jc) And tmpeg(ic, jc) > 0 Then
                                nodurm(ic) = jc
                            End If
                        Next jc
                    End If
                End If
            End If
        Next ic
        AmCaz1 = True
        Call CalcLin(ic, nodurm(ic))
    Loop

```



```

    parcurs(ic) = True
    If nodurm(ic) <> 0 Then
        nodcrt(nodurm(ic)) = True
        NrLeglnchNep(nodurm(ic)) = NrLeglnchNep(nodurm(ic)) - 1
    End If
Else
    If nodcrt(ic) And (Not parcurs(ic)) And (NrLeglnchNep(ic) = 0) And nodurm(ic) = 0 Then
        AmCaz1 = True
        Call CalcLin(ic, nodurm(ic))
        parcurs(ic) = True
    Else
        End If
    End If
End If
Next ic
Loop
Rem etapa repetitiva 2
AmCaz2 = True
Do While AmCaz2
    AmCaz2 = False
    For ic = 1 To n
        If NodActiv(ic) And Not parcurs(ic) Then
            If NrLeglnch(ic) > 1 And NrLeglnchNep(ic) = 0 Then
                AmCaz2 = True
                Call CalcNod(ic)
                parcurs(ic) = True
            End If
        End If
    Next ic
Loop
Rem verific daca mai am noduri neparcurse
AmNodNep = False
For ic = 1 To n
    If NodActiv(ic) And tipnod(ic) <> "S" And Not parcurs(ic) Then
        AmNodNep = True
    End If
Next ic
Loop
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Calcul executat" + NL

Form1.txtexplic.Refresh
valoare = 0
If Fuzzy = 1 Then
    If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            valoaref(nrf) = 0
        Next nrf
    End If

Select Case tipcalcul
    Case PT 'Pierderi totale in retea
        If tipcalc_ui = 1 Then 'tensiuni
            For ic = 1 To nrlat
                If Fuzzy = 1 Then
                    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                        valoaref(nrf) = valoaref(nrf) + difplatf(ic, nrf)
                    Next nrf
                    `valoare = (valoaref(2) + valoaref(3)) / 2
                Else
                    valoare = valoare + difplatf(ic)
                End If
            Next ic
            Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Pierdere totala: " + Str(Round(valoare, 4)) + NL
        Else 'curenti -> calculez tensiunile in noduri si verific indepl.restrictiei Ui>=Uminadm
            ' calculez lungimea maxima a drumului spre sursa
            k1 = 0
            For ic = 1 To n
                If ltmpdrum(ic) > k1 Then

```

```

        k1 = ltmpdrum(ic)
    End If

Next ic
For jc = 1 To n
    If tipnod(jc) = "S" Then
        unod(jc) = tensiune
        pnod(jc) = 0
        qnod(jc) = 0
        For ic = 1 To n
            If tmpleg(ic, jc) > 0 Then 'exista latura inchisa intre ic si jc
                pnod(jc) = pnod(jc) + ialat(numelat(ic, jc))
                qnod(jc) = qnod(jc) + irlat(numelat(ic, jc))
            End If
        Next ic
        pnod(jc) = Sqr(3#) * unod(jc) * pnod(jc)
        qnod(jc) = Sqr(3#) * unod(jc) * qnod(jc)
    End If
Next jc
For ic = 1 To k1 - 1
    For jc = 1 To n
        If ltmpdrum(jc) = ic + 1 Then
            i1 = numelat(jc, tmpdrum(jc, 2))
            unod(jc) = unod(tmpdrum(jc, 2)) - Sqr(3#) * (ialat(i1) * r0 + irlat(i1) * x0) * llat(i1) / 1000
            If unod(jc) < uminadm Then
                errcalcul = True
                erori = erori & "Tensiunea in nodul " + numenod(jc) + "(=" + Str(Round(unod(jc), 2)) + ") inferioara tensiunii  

minime admisibile (" + Str(uminadm) + ")!" & Chr(13)
                Print #3, "Tensiunea in nodul " + numenod(jc) + "(=" + Str(Round(unod(jc), 2)) + ") inferioara tensiunii  

minime admisibile (" + Str(uminadm) + ")!"
            End If
            If unod(jc) > umaxadm Then
                errcalcul = True
                erori = erori & "Tensiunea in nodul " + numenod(jc) + "(=" + Str(Round(unod(jc), 2)) + ") depaseste tensiunea  

maxima admisibila (" + Str(umaxadm) + ")!" & Chr(13)
                Print #3, "Tensiunea in nodul " + numenod(jc) + "(=" + Str(Round(unod(jc), 2)) + ") depaseste tensiunea  

maxima admisibila (" + Str(uminadm) + ")!"
            End If
        End If
    Next jc
Next ic
valoare = 0
For ic = 1 To nrlat
    difplat(ic) = 3 * (ialat(ic) * ialat(ic) + irlat(ic) * irlat(ic)) * r0 * llat(ic) / 1000
    valoare = valoare + 3 * (ialat(ic) * ialat(ic) + irlat(ic) * irlat(ic)) * r0 * llat(ic) / 1000
Next ic
End If
valcrtalt = 0
If Fuzzy = 3 Then If criteriu = SAP And Fuzzy = 1
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valcrtaltf(nrf) = 0
    Next nrf
End If
For ic = 1 To n
    If Fuzzy = 3 Then If criteriu = SAP And Fuzzy = 1
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            valcrtaltf(nrf) = valcrtaltf(nrf) + (unodf(ic, nrf) - unodf(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)), nrf)) / 1000 * (unodf(ic, nrf) - unodf(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)), nrf)) / 1000
        Next nrf
    Else
        valcrtalt = valcrtalt + (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)))) / 1000 * (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)))) / 1000
    End If
Next ic
If Fuzzy = 3 Then If criteriu = SAP And Fuzzy = 1
    valcrtalt = (valcrtaltf(2) + valcrtaltf(3)) / 2
End If

```

```

Case SAP
  For ic = 1 To n
    valoare = valoare + (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic, ltmpdrum(ic)))) / 1000 * (unod(ic) - unod(tmpdrum(ic,
ltmpdrum(ic)))) / 1000
  Next ic
  Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "SAP=" + Str(Round(valoare, 4)) + NL
  Print #3, Limie + ".....SAP=" + Str(Round(valoare, 4))

  valcrtalt = 0
  If Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
      valcrtaltf(nrf) = 0
    Next nrf
  End If
  For ic = 1 To nrlat
    If Fuzzy = 3 Then
      For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valcrtaltf(nrf) = valcrtaltf(nrf) + difplatf(ic, nrf)
      Next nrf
    Else
      valcrtalt = valcrtalt + difplat(ic)
    End If
  Next ic
  If Fuzzy = 3 Then
    valcrtalt = (valcrtaltf(2) + valcrtaltf(3)) / 2
  End If
End Select
mediagen = 0
For ic = 1 To n
  Call calcnota(ic)
  mediagen = mediagen + notanod(ic)
Next ic
mediagen = Round(mediagen / n, 2)
Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Nota:" + Str(mediagen) + NL

Form1.txtexplic.Refresh
If detalii >= 2 Then ' tiparire valori in noduri si pe laturi
'capul de tabel pentru datele despre noduri
If tipcalc_ui < 2 Then
  Print #3, "Nod", " P ", " Q ", " U "
Else
  Print #3, "Nod", " Ia ", " Ir ", " P ", " Q ", " U "
End If

For ic = 1 To n
  If tipcalc_ui < 2 Then
    Print #3, Format(numenod(ic), "###"), Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3),
#####.###"), Format(Round(unod(ic), 3), "#####.###")
    Print #3, numenod(ic), Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(unod(ic), 3), "#####.###")
  Else
    Print #3, Format(numenod(ic), "###"), Format(Round(IaNod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(IrNod(ic), 3),
#####.###"), Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(unod(ic),
3), "#####.###")
    Print #3, numenod(ic), Format(Round(IaNod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(IrNod(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(pnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(qnod(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(unod(ic), 3),
#####.###")
  End If
Next ic

'capul de tabel pentru datele despre laturi
If tipcalc_ui < 2 Then
  Print #3, "Latura ", " DeltaP ", " DeltaQ ", " Deltaumic", " DeltaUmare"
Else
  Print #3, "Latura", " Ia ", " Ir "
End If

```

```

For ic = 1 To nrlat
  If tipcalc_ui < 2 Then
    Print #3, numenod(nodinilat(ic)) + "-" + numenod(nodfinlat(ic)), Format(Round(difplat(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(difqlat(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(difumiclat(ic), 3), "#####.###"), Format(Round(difumarelat(ic),
3), "#####.###")
  Else
    Print #3, numenod(nodinilat(ic)) + "-" + numenod(nodfinlat(ic)), Format(Round(ialat(ic), 3), "#####.###"),
Format(Round(irlat(ic), 3), "#####.###")
  End If
Next ic
End If
End Sub

```

```

Public Function Optimizare(ByVal crit As Integer, tipcomp As Integer, ByVal msting As Double, ByVal mdrept As Double) As
Boolean

```

```

  Select Case crit
    Case PT ' pierderi totale in retea
      Select Case tipcomp
        Case strict
          Optimizare = (msting < mdrept)
        Case nonstrict
          Optimizare = (msting <= mdrept)
        Case Else
          Optimizare = False
      End Select
    Case SAP 2
      Select Case tipcomp
        Case strict
          Optimizare = (msting < mdrept)
        Case nonstrict
          Optimizare = (msting <= mdrept)
        Case Else
          Optimizare = False
      End Select
    Case Else
      Optimizare = False
  End Select
End Function

```

```

'Function Plus(X() As Variant, Y() As Variant) As Variant
' adunarea pe componente fuzzy (functia nu este folosita in aceasta forma)
  Plus(1) = X(1) + Y(1)
  Plus(2) = X(2) + Y(2)
  Plus(3) = X(3) + Y(3)
  Plus(4) = X(4) + Y(4)
End Function

```

```

'Function Minus(X() As Variant, Y() As Variant) As Variant
' scaderea pe componente fuzzy (functia nu este folosita in aceasta forma)
  Minus(1) = X(1) - Y(1)
  Minus(2) = X(2) - Y(2)
  Minus(3) = X(3) - Y(3)
  Minus(4) = X(4) - Y(4)
End Function

```

```

'Function Ori(X() As Variant, Y() As Variant) As Variant
' inmultirea pe componente fuzzy (functia nu este folosita in aceasta forma)
  Ori(1) = Min(X(1) * Y(1), X(4) * Y(4), X(1) * Y(4), X(4) * Y(1))
  Ori(2) = Min(X(2) * Y(2), X(2) * Y(3), X(3) * Y(2), X(3) * Y(3))
  Ori(3) = Max(X(3) * Y(3), X(3) * Y(2), X(2) * Y(3), X(2) * Y(2))
  Ori(4) = Max(X(4) * Y(4), X(4) * Y(1), X(1) * Y(4), X(1) * Y(1))
End Function

```

```

'Function Per(X() As Variant, Y() As Variant) As Variant
' impartirea pe componente fuzzy (functia nu este folosita in aceasta forma)
  Per(1) = Min(X(1) / Y(1), X(4) / Y(4), X(1) / Y(4), X(4) / Y(1))

```

```

'Per(2) = Min(X(2) / Y(2), X(2) / Y(3), X(3) / Y(2), X(3) / Y(3))
'Per(3) = Max(X(3) / Y(3), X(3) / Y(2), X(2) / Y(3), X(2) / Y(2))
'Per(4) = Max(X(4) / Y(4), X(4) / Y(1), X(1) / Y(4), X(1) / Y(1))
End Function

```

```

Public Sub DoFuzzy()
For i = 1 To n
'unod(i) = tensiune
For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
pininodf(i, nrf) = pininod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
pininodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = pininod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

qininodf(i, nrf) = qininod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
qininodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = qininod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

pnodf(i, nrf) = pnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
pnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = pnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

qnodf(i, nrf) = qnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
qnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = qnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

unodf(i, nrf) = unod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
unodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = unod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

poptnodf(i, nrf) = poptnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
poptnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = poptnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

qoptnodf(i, nrf) = qoptnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
qoptnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = qoptnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

uoptnodf(i, nrf) = uoptnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
uoptnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = uoptnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

pstartnodf(i, nrf) = pstartnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
pstartnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = pstartnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

qstartnodf(i, nrf) = qstartnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
qstartnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = qstartnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

ustartnodf(i, nrf) = ustartnod(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
ustartnodf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = ustartnod(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

pnodzerof(i, nrf) = pnodzero(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
pnodzerof(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = pnodzero(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

qnodzerof(i, nrf) = qnodzero(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
qnodzerof(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = qnodzero(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

unodzerof(i, nrf) = unodzero(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
unodzerof(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = unodzero(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
Next nrf
Next i
For i = 1 To nrlat
For nrf = 1 To Int(NrElemFuzzy / 2)
rlatf(i, nrf) = rlat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
rlatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = rlat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

xlatf(i, nrf) = xlat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
xlatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = xlat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difumiclatf(i, nrf) = difumiclat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difumiclatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difumiclat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difumarelatf(i, nrf) = difumarelat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difumarelatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difumarelat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
Next nrf
Next i

```

```

difplatf(i, nrf) = difplat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difplatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difplat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difqlatf(i, nrf) = difqlat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difqlatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difqlat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difoptplatf(i, nrf) = difoptplat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difoptplatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difoptplat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difoptqlatf(i, nrf) = difoptqlat(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difoptqlatf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difoptqlat(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difplatstartf(i, nrf) = difplatstart(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difplatstartf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difplatstart(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)

difqlatstartf(i, nrf) = difqlatstart(i) * (1 - (Int(NrElemFuzzy / 2) - nrf + 1) / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
difqlatstartf(i, nrf + Int(NrElemFuzzy / 2)) = difqlatstart(i) * (1 + nrf / Int(NrElemFuzzy / 2) * cerr)
Next nrf
Next i
End Sub

```

Function Min(a, b, c, d As Double) As Double

```

If a < b Then
    Min = a
Else
    Min = b
End If
If c < Min Then
    Min = c
End If
If d < Min Then
    Min = d
End If
End Function

```

Function Max(a, b, c, d As Double) As Double

```

If a > b Then
    Max = a
Else
    Max = b
End If
If c > Max Then
    Max = c
End If
If d > Max Then
    Max = d
End If
End Function

```

Public Sub calcnota(ByVal i As Integer)

```

'notanod(i) = 10
notanod(i) = nota(11)
Select Case unod(i)
Case Is > limitanota(1)
    'notanod(i) = 0
    notanod(i) = nota(1)
Case Is > limitanota(2)
    'notanod(i) = 1
    notanod(i) = nota(2)
Case Is > limitanota(3)
    'notanod(i) = 2
    notanod(i) = nota(3)
Case Is > limitanota(4)
    'notanod(i) = 3

```

```

    notanod(i) = nota(4)
Case Is > limitanota(5)
    'notanod(i) = 4
    notanod(i) = nota(5)
Case Is > limitanota(6)
    'notanod(i) = 5
    notanod(i) = nota(6)
Case Is > limitanota(7)
    'notanod(i) = 6
    notanod(i) = nota(7)
Case Is > limitanota(8)
    'notanod(i) = 7
    notanod(i) = nota(8)
Case Is > limitanota(9)
    'notanod(i) = 8
    notanod(i) = nota(9)
Case Is > limitanota(10)
    'notanod(i) = 9
    notanod(i) = nota(10)
Case Is < limitanota(21)
    'notanod(i) = 0
    notanod(i) = nota(21)
Case Is < limitanota(20)
    'notanod(i) = 1
    notanod(i) = nota(20)
Case Is < limitanota(19)
    'notanod(i) = 2
    notanod(i) = nota(19)
Case Is < limitanota(18)
    'notanod(i) = 3
    notanod(i) = nota(18)
Case Is < limitanota(17)
    'notanod(i) = 4
    notanod(i) = nota(17)
Case Is < limitanota(16)
    'notanod(i) = 5
    notanod(i) = nota(16)
Case Is < limitanota(15)
    'notanod(i) = 6
    notanod(i) = nota(15)
Case Is < limitanota(14)
    'notanod(i) = 7
    notanod(i) = nota(14)
Case Is < limitanota(13)
    'notanod(i) = 8
    notanod(i) = nota(13)
Case Is < limitanota(12)
    'notanod(i) = 9
    notanod(i) = nota(12)
End Select
End Sub

```

```

Public Sub Consemnare(textR)
'txtR este " " pentru prima iterare, "R" pentru reiterare, "R*" pentru reiterare cu caracteristici de sarcina
Screen.MousePointer = vbHourglass
Set ae = CreateObject("Excel.Application")
ae.WorkBooks.Open (sursadate)
ae.Sheets(tipcalc_ui + 3).Activate
i = 4
While Not IsEmpty(ae.Cells(i, 1)) 'sar peste rezultatele existente
    i = i + 1
Wend
ae.Cells(i, 1) = textR
'scriu rezultatele generice
If tipcalc_ui = 1 Then 'calcul de puteri - sheet-ul 3 - rezultate PT
    ae.Cells(i, 2) = TipCaract

```

```

ae.Cells(i, 3) = nrplot
If Fuzzy = 1 Then
    ae.Cells(i, 4) = "Da"
End If
ae.Cells(i, 5) = valmax
ae.Cells(i, 6) = Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4)
ae.Cells(i, 7) = mediagen
ae.Cells(i, 8) = valcrtalto
Else 'calcul de curenti - sheet-ul 4 - rezultate curenti
ae.Cells(i, 2) = TipCaract
ae.Cells(i, 3) = nrplot
ae.Cells(i, 4) = valmax
ae.Cells(i, 5) = Round(valmax * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4)
ae.Cells(i, 6) = mediagen
ae.Cells(i, 7) = valcrtalto
End If
If textR <> "I" Then
    For j = 1 To nrlatdesch
        ae.Cells(i, 8 + j) = Format(numenod(latDesch(j, 1)) + "-" + numenod(latDesch(j, 2)), "Text")
    Next j
Else 'dupa calculul initial
    i1 = 0
    For j = 1 To nrlat
        If tmpeg(nodinilat(j), nodfinlat(j)) = -1 Then
            i1 = i1 + 1
            ae.Cells(i, 8 + i1) = Format(numenod(nodinilat(j)) + "-" + numenod(nodfinlat(j)), "text")
        End If
    Next j
End If

ae.Sheets(6).Activate
'scriere date despre noduri si laturi aferente configuratiei optime
For i = 1 To n
    ae.Cells(i + 3, 6) = numenod(i)
    ae.Cells(i + 3, 7) = tipnod(i)
    If Fuzzy <> 1 Then
        ae.Cells(i + 3, 8) = Round(poptnod(i) / 1000, 3)
        ae.Cells(i + 3, 9) = Round(qoptnod(i) / 1000, 3)
        ae.Cells(i + 3, 10) = Round(uoptnod(i), 3)
    Else
        Print #2, tipnod(i), Round(poptnod(i) / 1000, 3), "(", Round(poptnodf(i, 1) / 1000, 3); Round(poptnodf(i, 2) / 1000, 3);
        Round(poptnodf(i, 3) / 1000, 3); Round(poptnodf(i, 4) / 1000, 3); ")", Round(qoptnod(i) / 1000, 3), "(", Round(qoptnodf(i, 1) /
        1000, 3); Round(qoptnodf(i, 2) / 1000, 3); Round(qoptnodf(i, 3) / 1000, 3); Round(qoptnodf(i, 4) / 1000, 3); ")"
    End If
    If tipcalc_ui = 2 Then
        ae.Cells(i + 3, 11) = Round(iaoptnod(i), 3)
        ae.Cells(i + 3, 12) = Round(iroptnod(i), 3)
    Else
        ae.Cells(i + 3, 11) = ""
        ae.Cells(i + 3, 12) = ""
    End If
    ae.Cells(i + 3, 13) = notanod(i)
Next i

For i = 1 To nrlat
    ae.Cells(i + 3, 16) = Format(numenod(nodinilat(i)), "text")
    ae.Cells(i + 3, 17) = Format(numenod(nodfinlat(i)), "text")
    ae.Cells(i + 3, 18) = leg(nodinilat(i), nodfinlat(i))
    ae.Range("P" + Trim(Str(i + 3)) + ":V" + Trim(Str(i + 3))).Select
    If leg(nodinilat(i), nodfinlat(i)) = -1 Then
        ae.Selection.Font.Color = RGB(255, 0, 0)
    Else
        ae.Selection.Font.Color = RGB(0, 0, 0)
    End If
    ae.Cells(i + 3, 19) = Round(difoptplat(i), 3)
    ae.Cells(i + 3, 20) = Round(difoptqlat(i), 3)
    If tipcalc_ui = 2 Then

```



```

        ae.Cells(i + 3, 21) = Round(iaoptlat(i), 3)
        ae.Cells(i + 3, 22) = Round(iroptlat(i), 3)
    Else
        ae.Cells(i + 3, 21) = ""
        ae.Cells(i + 3, 22) = ""
    End If
Next i
ae.Cells(16, 2) = "Plot"
ae.Cells(16, 4) = nrplot
ae.Cells(18, 2) = "Media"
ae.Cells(18, 4) = mediagen

ae.Cells(14, 4) = TipCaract

ae.Sheets(1).Activate
ae.ActiveWorkbook.Save
ae.Quit
Set ae = Nothing
Screen.MousePointer = vbDefault
End Sub

Public Sub CITIREX(ByVal tipcalcul As Integer, iteratie As Integer)
    'tablourile complete de valori
    Dim TipuriCons() As Variant 'tablou cu tipcons(i), descriere(i)
    Dim TipuriCaract() As Variant 'tablou cu tipcaract(i), Timp(i), descriere(i)
    Dim coefcar_PO, coefcar_Q(), CoefPMaxNod(), CoefQMaxNod() As Single
    'valori curente
    Dim DimTipCaract, DimTipCons, TipCaract As Byte 'nr.de tipuri noduri, nr.de tipuri interval, tipul intervalului luat in calcul

    If iteratie = primacitire Then
        Set ae = Nothing
        Set ae = CreateObject("Excel.Application")
        ae.WorkBooks.Open (sursadate)
        ae.Sheets(1).Activate
        Select Case tipcalcul
            Case PT
                If tipcalc_ui = 1 Then
                    Form1.txtexplic.Text = "Criteriul de optimizare = PIERDEREA TOTALA DE PUTERE " + IIf(Fuzzy = 1,
"(fuzzy)", "") + " [calcul de puteri]" + NL
                Else
                    Form1.txtexplic.Text = "Criteriul de optimizare = PIERDEREA TOTALA DE PUTERE [calcul de curenti]" + NL
                End If
            Case SAP
                Form1.txtexplic.Text = "Criteriul de optimizare = SAP " + NL
            Case Else
                Form1.txtexplic.Text = "Criteriul de optimizare neprecizat " + IIf(Fuzzy = 1, "(fuzzy)", "") + NL
        End Select
        Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Citire configuratie initiala..." + NL
        Form1.cautopt.Enabled = False
        Form1.rezultate.Enabled = False
        Close #3
        Open CurDir() + "\JURNAL.TXT" For Output As #3
        Select Case tipcalcul
            Case PT
                If tipcalc_ui = 1 Then
                    Print #3, "Criteriul de optimizare este PIERDEREA TOTALA DE PUTERE IN RETEA" + IIf(Fuzzy = 1, "(fuzzy)",
"") + " [calcul de puteri]"
                Else
                    Print #3, "Criteriul de optimizare este PIERDEREA TOTALA DE PUTERE IN RETEA [calcul de curenti]"
                End If
            Case SAP
                Print #3, "Criteriul de optimizare este SAP"
            Case Else
                Print #3, "Criteriul de optimizare neprecizat" + IIf(Fuzzy = 1, "(fuzzy)", "")
        End Select
        Print #3, "Citire configuratie initiala..."
    End Sub

```

```

Form1.txtexplicit.Refresh
n = ae.Cells(1, 9) '19
ReDim numenod(n), piminod(n), qininod(n), laImiNod(n), IrImiNod(n), NrLegNod(n)
ReDim notanod(n), pnod(n), qnod(n), unod(n), laNod(n), IrNod(n), poptnod(n), qoptnod(n), uoptnod(n), iaoptnod(n),
iproptnod(n), pstartnod(n), qstartnod(n), ustartnod(n), iastartnod(n), irstartnod(n), pnodzero(n), qnodzero(n), unodzero(n),
laNodzero(n), IrNodzero(n)
ReDim sumianod(n), sumimod(n)
ReDim sursa(n), tipnod(n), ldrumsursa(n), ltmpdrum(n), ldrumopt(n)
ReDim leg(n, n), tpleg(n, n), drumsursa(n, n), tmpdrum(n, n), drumopt(n, n)
ReDim Graf(n, n), numelat(n, n)
ReDim errsursa(n), parcurs(n), nodcrt(n), AreLatDesch(n), NeSch(n), NodActiv(n), NodConex(n)
ReDim NrLegInch(n), NrLegInchNep(n), nodurm(n), nrsurse(n)
ReDim latDesch(n, 2)
ReDim pnomnod(n), qnomnod(n), CoefPMaxNod(n), CoefQMaxNod(n)
ReDim xltmpdrum(n), xl drumsursa(n), xsursa(n) As Integer
ReDim xtmpdrum(n, n), xdrumsursa(n, n) As Integer

'If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1 Then
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    ReDim piminodf(n, NrElemFuzzy), qininodf(n, NrElemFuzzy)
    ReDim pnodf(n, NrElemFuzzy), qnodf(n, NrElemFuzzy), unodf(n, NrElemFuzzy), poptnodf(n, NrElemFuzzy),
qoptnodf(n, NrElemFuzzy), uoptnodf(n, NrElemFuzzy), pstartnodf(n, NrElemFuzzy), qstartnodf(n, NrElemFuzzy), ustartnodf(n,
NrElemFuzzy), pnodzero(n, NrElemFuzzy), qnodzero(n, NrElemFuzzy), unodzero(n, NrElemFuzzy)
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valinifr1(nrf) = 0
        valinifr2(nrf) = 0
        valcrtf(nrf) = 0
        valinif(nrf) = 0
        valmaxf(nrf) = 0
        valoaref(nrf) = 0
    Next nrf
End If
Form1.Tabel.Rows = n + 1
Else 'recitire pentru modificarea tipului de calcul
'n = ae.Cells(1, 9) '11
Close #3
Open CurDir() + "\JURNAL.TXT" For Append As #3
Select Case tipcalcul
Case PT
    Print #3, "Modificare criteriu(crt=PIERDEREA TOTALA DE PUTERI) :recalcul valoare initiala..."
Case SAP
    Print #3, "Modificare criteriu(crt=SAP) :recalcul valoare initiala..."
Case Else
    Print #3, "Modificare criteriu :recalcul valoare initiala..."
End Select
End If
If iteratie = primacitire Then
For i = 1 To n
    numenod(i) = ae.Cells(i + 3, 6)
    tipnod(i) = ae.Cells(i + 3, 7) 'G4,...
    piminod(i) = ae.Cells(i + 3, 8) 'H4,...
    qininod(i) = ae.Cells(i + 3, 9) 'I4,...
    pnomnod(i) = ae.Cells(i + 3, 10) 'J4,...
    qnomnod(i) = ae.Cells(i + 3, 11) 'K4,...

    piminod(i) = piminod(i) * 1000
    qininod(i) = qininod(i) * 1000

    pnomnod(i) = pnomnod(i) * 1000
    qnomnod(i) = qnomnod(i) * 1000

    unod(i) = 0 'nu cunosc inca tensiunea
    pnod(i) = piminod(i)
    qnod(i) = qininod(i)
    Form1.Tabel.Row = i
    Form1.Tabel.Col = 0
    Form1.Tabel.Text = numenod(i)

```

```

    NodActiv(i) = True
Next i
Form1.Tabel.Visible = True
Form1.Shape1.Visible = True
Form1.Label1.Visible = True
Form1.Label3.Visible = True
Form1.Label4.Visible = True
Form1.txtini.Visible = True
Form1.txtmini.Visible = True
Form1.txtenopt.Visible = True
Form1.lblEnergii.Visible = True
Form1.txtexplic.Visible = True
Form1.txtinialt.Visible = True
Form1.txtcrtalt.Visible = True
Form1.Shape2.Visible = True
Form1.Label7.Visible = True
Form1.Label8.Visible = True
Form1.Label9.Visible = True
Form1.txtoptim.Text = ""
Form1.txtenopt.Text = ""
Form1.txtoptim.Visible = True
For i = 1 To n
    For j = 1 To n
        numelat(i, j) = 0
        leg(i, j) = 0
        tmpleg(i, j) = 0
        Graf(i, j) = 0
    Next j
    NrLegNod(i) = 0
Next i

nrlat = ae.Cells(1, 17) 'Q1
ReDim nodinilat(nrlat), nodfinlat(nrlat), tiplat(nrlat), latparcurs(nrlat)
ReDim rlat(nrlat), xlat(nrlat), llat(nrlat)
ReDim difumiclat(nrlat), difumarelat(nrlat), difplat(nrlat), difqlat(nrlat), difoptplat(nrlat), difoptqlat(nrlat),
difoptumulat(nrlat), difoptumalat(nrlat), difplatstart(nrlat), difqlatstart(nrlat), difumilatstart(nrlat), difumalatstart(nrlat),
LatActiva(nrlat), ialat(nrlat), irlat(nrlat), iaoptlat(nrlat), iroptlat(nrlat), ialatstart(nrlat), irlatstart(nrlat)
Form1.TabLaturi.Rows = nrlat + 1
If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1 Then
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
        ReDim rlatf(nrlat, NrElemFuzzy), xlatf(nrlat, NrElemFuzzy)
        ReDim difumiclatf(nrlat, NrElemFuzzy), difumarelatf(nrlat, NrElemFuzzy), difplatf(nrlat, NrElemFuzzy),
difqlatf(nrlat, NrElemFuzzy), difoptplatf(nrlat, NrElemFuzzy), difoptqlatf(nrlat, NrElemFuzzy), difplatstartf(nrlat,
NrElemFuzzy), difqlatstartf(nrlat, NrElemFuzzy)
    End If
    Form1.TabLatDesch.Rows = 1
    Form1.LblLatDesch.Visible = True
    For i = 1 To nrlat
        'nodinilat(i) = ae.Cells(i + 3, 14) 'N4,...
        stringj = Trim(ae.Cells(i + 3, 14))
        For il = 1 To n
            If Trim(numenod(il)) = stringj Then
                nodinilat(i) = il
                Exit For
            End If
        Next il

        'nodfinlat(i) = ae.Cells(i + 3, 15) 'O4,...
        stringj = Trim(ae.Cells(i + 3, 15))
        For il = 1 To n
            If Trim(numenod(il)) = stringj Then
                nodfinlat(i) = il
                Exit For
            End If
        Next il

        tiplat(i) = ae.Cells(i + 3, 16) 'P4,...

```

```

riat(i) = ae.Cells(i + 3, 17)   'Q4,...
xlat(i) = ae.Cells(i + 3, 18)   'R4,...
llat(i) = ae.Cells(i + 3, 19)   'S4,...
With Form1.TabLaturi
    .Row = i
    .Col = 0
    .Text = Str(i)
    .Col = 1
    .Text = numenod(nodinilat(i)) + "-" + numenod(nodfinlat(i))
End With
leg(nodinilat(i), nodfinlat(i)) = tiplat(i)
numelat(nodinilat(i), nodfinlat(i)) = i
leg(nodfinlat(i), nodinilat(i)) = tiplat(i)
numelat(nodfinlat(i), nodinilat(i)) = i
tmpleg(nodinilat(i), nodfinlat(i)) = tiplat(i)
tmpleg(nodfinlat(i), nodinilat(i)) = tiplat(i)
If tiplat(i) = 1 Or tiplat(i) = 2 Then
    Graf(nodinilat(i), nodfinlat(i)) = 1
    Graf(nodfinlat(i), nodinilat(i)) = 1
Else
    Graf(nodinilat(i), nodfinlat(i)) = 0
    Graf(nodfinlat(i), nodinilat(i)) = 0
With Form1.TabLatDesch
    .Rows = .Rows + 1
    .Row = .Rows - 1
    .Col = 0
    .Text = Str(numelat(nodinilat(i), nodfinlat(i)))
    TabLatDesch.Text = Str(latDesch(i))
    .Col = 1
    TabLatDesch.Text = Str(nodinilat(i)) + "-" + Str(nodfinlat(i))
    .Text = numenod(nodinilat(i)) + "-" + numenod(nodfinlat(i))
End With
End If
NrLegNod(nodinilat(i)) = NrLegNod(nodinilat(i)) + 1
NrLegNod(nodfinlat(i)) = NrLegNod(nodfinlat(i)) + 1
Form1.TabLaturi.Visible = True
Form1.TabLatDesch.Visible = True
Next i

```

```

tensiune = ae.Cells(5, 4) 'D5
iadm = ae.Cells(6, 4) 'D6
uminadm = ae.Cells(7, 4) 'D7
umaxadm = ae.Cells(8, 4) 'D8
unom = ae.Cells(9, 4) 'D9
alfa = ae.Cells(10, 4) 'D10
beta = ae.Cells(11, 4) 'D11
r0 = ae.Cells(12, 4) 'D12
x0 = ae.Cells(13, 4) 'D13
TipCaract = ae.Cells(14, 4) 'D14
pasplot = ae.Cells(15, 4) 'D15
tensnoua = tensiune
nrplot = 0
nrplotini = 0

```

```

'citesc numarul de tipuri de consumatori
Dim TipCons = 0
i = 20
Do While Not IsEmpty(ae.Cells(i, 2))
    Dim TipCons = DimTipCons + 1
    i = i + 1
Loop

```

```

'incarc datele in tabloul de memorie TipuriCons
ReDim TipuriCons(DimTipCons, 2)
For i = 1 To DimTipCons
    TipuriCons(i, 1) = ae.Cells(19 + i, 2)
    TipuriCons(i, 2) = ae.Cells(19 + i, 3)

```

```

Next i

'din foaia 2, citesc tipurile de caracteristici, timpul aferent lor, si tabelul de coeficienti
ae.Sheets(2).Activate
'citesc numarul de intervale
DimTipCaract = 0
i = 4
Do While Not IsEmpty(ae.Cells(i, 1))
    DimTipCaract = DimTipCaract + 1
    i = i + 1
Loop

ReDim TipuriCaract(DimTipCaract, 3)
'incarc in memorie datele despre caracteristici
For i = 1 To DimTipCaract
    TipuriCaract(i, 1) = ae.Cells(i + 3, 1) 'tipul
    TipuriCaract(i, 2) = ae.Cells(i + 3, 2) 'timpul
    TipuriCaract(i, 3) = ae.Cells(i + 3, 3) 'descriere
Next i

ReDim coefcar_P(DimTipCaract, DimTipCons)
ReDim coefcar_Q(DimTipCaract, DimTipCons)

'initializez tabelul coeficientilor cu 1 ca valori implicite
For i = 1 To DimTipCaract
    For j = 1 To DimTipCons
        coefcar_P(i, j) = 1
        coefcar_Q(i, j) = 1
    Next j
Next i

'incarc in memorie datele din tabel
k = 4
Do While Not IsEmpty(ae.Cells(2, k))
    For j = 1 To DimTipCons
        If Left(ae.Cells(2, k), 1) = TipuriCons(j, 1) Then
            For i = 1 To DimTipCaract
                coefcar_P(i, j) = ae.Cells(i + 3, k)
                coefcar_Q(i, j) = ae.Cells(i + 3, k + 1)
            Next i
            Exit For
        End If
    Next j
    k = k + 2
Loop

'citire valori pt.limitele de notare
ae.Sheets(3).Activate
For i = 1 To 21
    limitanota(i) = ae.Cells(i + 1, 1)
    nota(i) = ae.Cells(i + 1, 2)
Next i

ae.Quit
Set ae = Nothing

'stabilire coeficient pt.fiecare nod (implicit 1)
For i = 1 To n
    CoefPMaxNod(i) = 1
    CoefQMaxNod(i) = 1
Next i

If TipCaract >= 1 And TipCaract <= DimTipCaract Then
    For i = 1 To n
        For j = 1 To DimTipCons
            If tipnod(i) = TipuriCons(j, 1) Then
                CoefPMaxNod(i) = coefcar_P(TipCaract, j)
            End If
        Next j
    Next i
End If

```

```

        CoefQMaxNod(i) = coefcar_Q(TipCaract, j)
    Exit For
End If
Next j
Next i
End If

'recalcul puteri citite in nod
For i = 1 To n
    pinyinod(i) = pinyinod(i) * CoefPMaxNod(i)
    qinyinod(i) = qinyinod(i) * CoefQMaxNod(i)
Next i
Else 'schimbare criteriu
For i = 1 To n
    For j = 1 To n
        tpleg(i, j) = leg(i, j)
    Next j
Next i
End If 'daca e prima citire sau nu

For i = 1 To n
    pnod(i) = pinyinod(i)
    qnod(i) = qinyinod(i)
    unod(i) = tensiune
    NodActiv(i) = False
    NodConex(i) = False
Next i
For i = 1 To nrlat
    difumiclat(i) = 0
    difumarelat(i) = 0
    difplat(i) = 0
    difqlat(i) = 0
    ialat(i) = 0
    irlat(i) = 0
Next i

Print #3, "Alte precizari: TipCaracteristica = " & Str(TipCaract) & "(" & TipuriCaract(TipCaract, 3) & ",Timp total=" &
Str(TipuriCaract(TipCaract, 2)) + "h)"
If tipcalc_ui = 2 Then 'curenti
Print #3, "Parametri de calcul:"
Print #3, "Imax admisibil = " + Str(iadm)
Print #3, "Umax admisibil = " + Str(umaxadm)
Print #3, "Umin admisibil = " + Str(uminadm)
Print #3, "r0=" & Str(r0) + ", x0=" & Str(x0)
For i = 1 To n
    IaIniNod(i) = pinyinod(i) / (Sqr(3#) * tensiune)
    IrIniNod(i) = qinyinod(i) / (Sqr(3#) * tensiune)
    IaNod(i) = IaIniNod(i)
    IrNod(i) = IrIniNod(i)
Next i
End If
If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1 Then
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    Call DoFuzzy 'umplerea tablourilor fuzzy
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 1 And Fuzzy = 1 Then
    If Fuzzy = 1 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            valcrtf(nrf) = 0
        Next nrf
    End If
End If
valcrt = 0
iesire = False
For i = 1 To n
    errsursa(i) = False
    ldrumsursa(i) = 0
    ldrumopt(i) = 0

```

```

    ltmpdrum(i) = 0
Next i
iesire = False
Call VerifCfg

For i = 1 To n
    If errsursa(i) Then
        Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + Str(i) + " Configuratie eronata! STOP." + Str(ldrumsursa(i)) + NL
        Print #3, Str(i) + " Configuratie eronata! STOP." + Str(ldrumsursa(i)) + NL
        Form1.txtexplic.Refresh
        iesire = True
    Exit For
Else
    Form1.cautopt.Enabled = True
    For d1 = 1 To n
        leg(i, d1) = tmpleg(i, d1)
        leg(d1, i) = tmpleg(d1, i)
        drumsursa(i, d1) = tmpdrum(i, d1)
        drumsursa(d1, i) = tmpdrum(d1, i)
        drumopt(i, d1) = tmpdrum(i, d1)
        drumopt(d1, i) = tmpdrum(d1, i)
    Next d1
    ldrumsursa(i) = ltmpdrum(i)
    ldrumopt(i) = ltmpdrum(i)
    '12iunie
    sursa(i) = drumsursa(i, ldrumsursa(i))
End If
Next i
If Not iesire Then
    If iteratie = primacitire Then
        Form1.txtexplic.Text = Form1.txtexplic.Text + "Configuratie corecta " + NL
        Print #3, "... Configuratie corecta "
        Form1.txtexplic.Refresh
        errcalcul = False
    End If
    Call CalculCfg(tipcalcul)
    With Form1.Tabel
        .Col = 2
        For i = 1 To n
            .Row = i
            .Text = Str(Round(pnod(i) / 1000, 2))
        Next i
        .Col = 3
        For i = 1 To n
            .Row = i
            .Text = Str(Round(qnod(i) / 1000, 2))
        Next i
        If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
            .Col = 4
            For i = 1 To n
                .Row = i
                .Text = Str(Round(laNod(i), 3))
            Next i
            .Col = 5
            For i = 1 To n
                .Row = i
                .Text = Str(Round(lrNod(i), 3))
            Next i
        Else
            .Col = 4
            For i = 1 To n
                .Row = i
                .Text = ""
            Next i
            .Col = 5
            For i = 1 To n
                .Row = i

```

```

        .Text = ""
    Next i
End If
.Col = 1
For i = 1 To n
    .Row = i
    .Text = Str(Round(unod(i) / 1000, 5))
Next i
End With
With Form1.TabLaturi
    .Col = 2
    For i = 1 To nrlat
        .Row = i
        .Text = Str(Round(difplat(i), 2))
    Next i
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
        .Col = 3
        For i = 1 To nrlat
            .Row = i
            .Text = Str(Round(ialat(i), 3))
        Next i
        .Col = 4
        For i = 1 To nrlat
            .Row = i
            .Text = Str(Round(irlat(i), 3))
        Next i
    Else
        .Col = 3
        For i = 1 To nrlat
            .Row = i
            .Text = ""
        Next i
        .Col = 4
        For i = 1 To nrlat
            .Row = i
            .Text = ""
        Next i
    End If
End With
valini = valoare
If (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1 Then
If Fuzzy = 1 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valinif(nrf) = valoaref(nrf)
    Next nrf
End If
For i = 1 To n
    Call AtrN(i, opt, crt)
    Call AtrN(i, start, crt)
Next i
For i = 1 To nrlat
    difoptplat(i) = difplat(i)
    difoptqlat(i) = difqlat(i)
    difplatstart(i) = difplat(i)
    difqlatstart(i) = difqlat(i)
    difoptumilat(i) = difumiclat(i)
    difoptumalat(i) = difumarelat(i)
    difumilatstart(i) = difumiclat(i)
    difumalatstart(i) = difumarelat(i)
    If (criteriu = SAP Or (criteriu = PT And tipcalc_ui = 1)) And Fuzzy = 1 Then
    If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difoptplatf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difoptqlatf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
            difplatstartf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difqlatstartf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
        Next nrf
    End If
Next i

```



```

Next nrf
End If
If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    iaoptlat(i) = ialat(i)
    iroptlat(i) = irlat(i)
    ialatstart(i) = ialat(i)
    irlatstart(i) = irlat(i)
End If
Next i
If tipcalcul = PT Then
    Print #3, Str(Round(valini, 4)) + " (energie: " + Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4)) + ")"
Else
    Print #3, Str(Round(valini, 4))
End If
Form1.txtini.Text = Str(Round(valini, 4))
Form1.txtenini.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
Form1.txtini.Refresh
Select Case tipcalcul
Case PT
    valinict1 = valini
    valinict2 = valcrtalt
    If tipcalc_ui = 1 And Fuzzy = 1 Then
    If Fuzzy = 1 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            valinict1f(nrf) = valinif(nrf)
            'valinict2f(nrf) = valcrtaltf(nrf)
        Next nrf
    End If
    Form1.txtini.Text = Str(Round(valinict1, 4))
    Form1.txtenini.Text = Str(Round(valinict1 * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
    Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valinict2, 4))
Case SAP
    valinict2 = valini
    valinict1 = valcrtalt
    If Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            valinict2f(nrf) = valinif(nrf)
            'valinict1f(nrf) = valcrtaltf(nrf)
        Next nrf
    End If
    Form1.txtini.Text = Str(Round(valinict2, 4))
    Form1.txtenini.Text = ""
    Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valinict1, 4))
Case Else
    Form1.txtinialt.Text = ""
End Select
For c1 = 1 To n
    ldrumsursa(c1) = ltmpdrum(c1)
    ldrumopt(c1) = ltmpdrum(c1)
    For d1 = 1 To ltmpdrum(c1)
        drumsursa(c1, d1) = tmpdrum(c1, d1)
        drumopt(c1, d1) = tmpdrum(c1, d1)
    Next d1
Next c1
Form1.cautopt.Enabled = True
Form1.rezultate.Enabled = True
Else
    Form1.cautopt.Enabled = False
    Form1.rezultate.Enabled = False
End If
If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
If tipcalcul = PT And tipcalc_ui = 2 Then
    OptReiterare.chkReitSpec.Visible = True
    OptReiterare.chkReitSpec.Value = 0
    'TipReiterare = 0
End If
valmax = valoare

```

```

valcrt = valoare
valprec = valoare
valcrtalto = valcrtalt
'12iunie
If tipcalcul = PT Then
    Call Consemnare("I")
End If
valmax = 0
valprec = 0
valcrtalto = 0
valcrt = 0
End Sub

```

```

Public Sub VerCfgTmp()
'Verificare configuratie
' Creeaza drumul sursa de la nodul nr, sau emite mesaj de eroare daca nu exista sursa pentru un nod consumator
' Toate le pune in tmpdrum
' La final le pune in drumsursa
Dim iv, jv, kv, mv, nv, im, jm, km, nr As Integer
nrnodnep = n
For iv = 1 To n
    If tipnod(iv) = "S" Then
        xtmpdrum(iv) = 1
        xsursa(iv) = iv
        xtmpdrum(iv, 1) = iv
        NodActiv(iv) = True
        nrnodnep = nrnodnep - 1
        nrsurse(iv) = 1
    Else
        xtmpdrum(iv) = 0
        xsursa(iv) = 0
        NodActiv(iv) = False
        nrsurse(iv) = 0
    End If
Next iv
For iv = 1 To nrlat
    latparcurs(iv) = False
Next iv
progres = True
Do While progres
    progres = False
    For im = 1 To nrlat
        If Not latparcurs(im) Then
            If NodActiv(nodinilat(im)) And Not NodActiv(nodfinlat(im)) And tmpleg(nodinilat(im), nodfinlat(im)) <> -1 Then
                xtmpdrum(nodfinlat(im)) = xtmpdrum(nodinilat(im)) + 1
                If nrsurse(nodinilat(im)) > 0 Then
                    nrsurse(nodfinlat(im)) = nrsurse(nodinilat(im)) + 1
                End If
                For jm = 1 To xtmpdrum(nodinilat(im))
                    xtmpdrum(nodfinlat(im), jm) = xtmpdrum(nodinilat(im), jm)
                    xtmpdrum(nodfinlat(im), xtmpdrum(nodfinlat(im))) = nodfinlat(im)
                Next jm
                NodActiv(nodfinlat(im)) = True
                nrnodnep = nrnodnep - 1
                progres = True
                latparcurs(im) = True
            Else
                If NodActiv(nodfinlat(im)) And Not NodActiv(nodinilat(im)) And tmpleg(nodfinlat(im), nodinilat(im)) <> -1 Then
                    xtmpdrum(nodinilat(im)) = xtmpdrum(nodfinlat(im)) + 1
                    If nrsurse(nodfinlat(im)) > 0 Then
                        nrsurse(nodinilat(im)) = nrsurse(nodfinlat(im)) + 1
                    End If
                    For jm = 1 To xtmpdrum(nodfinlat(im))
                        xtmpdrum(nodinilat(im), jm) = xtmpdrum(nodfinlat(im), jm)
                        xtmpdrum(nodinilat(im), xtmpdrum(nodinilat(im))) = nodinilat(im)
                    Next jm
                End If
            End If
        End If
    Next im

```

```

NodActiv(nodinilat(im)) = True
nrnodnep = nrnodnep - 1
progres = True
latparcurs(im) = True
Else
If NodActiv(nodfinlat(im)) And NodActiv(nodinilat(im)) And tmpleg(nodinilat(im), nodfinlat(im)) <> -1 Then
If nrsurse(nodinilat(im)) > 0 And nrsurse(nodfinlat(im)) > 0 Then
cfgincorect = True
Exit Sub
End Sub 'Return
Else 'doar unul e legat la sursa
If nrsurse(nodinilat(im)) > 0 Then 'nodini e legat la sursa
nrsurse(nodfinlat(im)) = nrsurse(nodinilat(im))
For jm = 1 To xltmpdrum(nodinilat(im))
xltmpdrum(nodfinlat(im)) = xltmpdrum(nodfinlat(im)) + 1
xtmpdrum(nodfinlat(im), xltmpdrum(nodfinlat(im))) = xtmpdrum(nodinilat(im), jm)
Next jm
xsursa(nodfinlat(im)) = xsursa(nodinilat(im))
Else 'nodfin e legat la sursa
nrsurse(nodinilat(im)) = nrsurse(nodfinlat(im))
For jm = 1 To xltmpdrum(nodfinlat(im))
xltmpdrum(nodinilat(im)) = xltmpdrum(nodinilat(im)) + 1
xtmpdrum(nodinilat(im), xltmpdrum(nodinilat(im))) = xtmpdrum(nodfinlat(im), jm)
Next jm
xsursa(nodinilat(im)) = xsursa(nodfinlat(im))
End If
nrnodnep = nrnodnep - 1
progres = True
latparcurs(im) = True
End If
End If
End If
End If
End If
Next im
Loop
If nrnodnep > 0 Then
For im = 1 To n
If Not NodActiv(im) Then
cfgincorect = True
Exit Sub 'Return
Else
If tipnod(xtmpdrum(im, xltmpdrum(im))) = "S" Then
Else
cfgincorect = True
Exit Sub 'Return
End If
End If
Next im
Else
For im = 1 To n
If nrsurse(im) > 1 Then
cfgincorect = True
Exit Sub 'Return
Else
xldrumsursa(im) = xltmpdrum(im)
For jm = 1 To xldrumsursa(im)
xldrumsursa(im, jm) = xtmpdrum(im, xldrumsursa(im) - jm + 1)
Next jm
If tipnod(xldrumsursa(im, xldrumsursa(im))) <> "S" Then
cfgincorect = True
Exit Sub 'Return
End If
End If
Next im
For im = 1 To n

```

```

    NodActiv(im) = True
    NodConex(im) = False
    ltmpdrum(im) = xltmpdrum(im)
    For jm = 1 To ltmpdrum(im)
        tmpdrum(im, jm) = xdrumsursa(im, jm)
    Next jm
    sursa(im) = tmpdrum(im, ltmpdrum(im))
Next im
cfgincorect = False
End If
End Sub

```

```

Private Sub cautopt_Click()
Dim nd As Integer
Picture1.Visible = False
Frame1.Visible = False
If valini = 0 Then
    X = MsgBox("Nu s-a citit configuratia", 0, "Eroare")
Else
    Form1.citcfg.Enabled = False
    Form1.rezultate.Enabled = False
    If valcrt = 0 Then 'e primul calcul de optim
        Form1.Label2.Visible = True
        Form1.txtcurent.Visible = True
        Form1.txtexplic.Text = "Incerc optimizarea..." + NL
        Print #3, "...Se incearca optimizarea (prima iteratie)..."
        Form1.txtexplic.Refresh
        Dim io As Integer
        nrlatdesch = 0
        For i = 1 To n
            Call AtrN(i, start, crt)
            Call AtrN(i, opt, crt)
            For j = 1 To n
                If i < j And leg(i, j) = -1 Then
                    nrlatdesch = nrlatdesch + 1
                    NeSch(nrlatdesch) = True
                    latDesch(nrlatdesch, 1) = i
                    latDesch(nrlatdesch, 2) = j
                End If
            Next j
        Next i
        valcrt = valini
        If Fuzzy = 1 Then '(criteriu = PT And tipcalc_ui = 1) And Fuzzy = 1
            For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                valcrtf(nrf) = valinif(nrf)
            Next nrf
        End If
        Call Cercetare
        If criteriu = PT Then
            Call Consemnare("O")
        End If
    Else 'reiterare
        nrlatdesch = 0
        For i = 1 To n
            Call AtrN(i, start, crt)
            Call AtrN(i, opt, crt)
            For j = 1 To n
                tmpleg(i, j) = leg(i, j)
                If i < j And leg(i, j) = -1 Then
                    nrlatdesch = nrlatdesch + 1
                    NeSch(nrlatdesch) = True
                    latDesch(nrlatdesch, 1) = i
                    latDesch(nrlatdesch, 2) = j
                End If
            Next j
        Next i
    End If

```

```

    Next j
Next i
For i = 1 To nrlat
    difplatstart(i) = difplat(i)
    difqlatstart(i) = difqlat(i)
    difumilatstart(i) = difumiclat(i)
    difumalatstart(i) = difumarelat(i)
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
        ialatstart(i) = ialat(i)
        irlatstart(i) = irlat(i)
    End If
Next i
Reiterare = False
If tipcalc_ui = 1 Then ' calcul de puteri
    OptReiterare.chkReitSpec.Visible = False
End If
OptReiterare.Show vbModal, Me
Form1.citcfg.Enabled = True
Form1.rezultate.Enabled = True
End If 'primul calcul sau reiterare
End If
End Sub

Private Sub citcfg_Click()
    Dim c1, d1 As Integer
    Picture1.Visible = False
    Frame1.Visible = False
    Form1.cautopt.Enabled = False
    Form1.rezultate.Enabled = False
    frmInput.Visible = True
End Sub

Private Sub cmdCancelInput_Click()
    numediri = CurDir()
    frmInput.Visible = False
    Form1.Refresh
    Form1.txtcrtalt.Text = ""
    If valini <> 0 Then
        Form1.cautopt.Enabled = True
        Form1.rezultate.Enabled = True
    End If
End Sub

Private Sub cmdEditInput_Click()
    If sursadate = "" Then
        X = MsgBox("Specificati mai intii sursa datelor ", 0, "Specificatii incomplete")
    Else
        OLEFisDate.Visible = True
        OLEFisDate.SourceDoc = sursadate
        OLEFisDate.CreateLink (sursadate)
        OLEFisDate.DoVerb
        OLEFisDate.Visible = False
    End If
End Sub

Private Sub cmdJurnal_Click()
    Close #3
    OLEJurnal.Visible = True
    OLEJurnal.SourceDoc = CurDir() + "\JURNAL.TXT"
    OLEJurnal.CreateLink (CurDir() + "\JURNAL.TXT")
    OLEJurnal.DoVerb
    OLEJurnal.Visible = False
    Open (CurDir() + "\JURNAL.TXT") For Append As #3
End Sub

```

```

Private Sub cmdOKInput_Click()
    If numefisi = "" Then
        X = MsgBox("Specificatii incomplete!", 0, "Eroare")
    Else
        sursadate = ""
        If numediri = "" Then
            sursadate = numedrvi + "\" + numefisi
        Else
            If Mid(numediri, 2, 2) = ":" Then
                sursadate = numediri + "\" + numefisi
            Else
                sursadate = numedrvi + "\" + numediri + "\" + numefisi
            End If
        End If
        frmInput.Visible = False
        Screen.MousePointer = vbHourglass
        TipReiterare = 0
        Call CITIREX(criteriu, primacitire)
        Form1.txtcrtalt.Text = ""
        Screen.MousePointer = vbDefault
    End If
End Sub

```

```

Private Sub criteriu2_Click()
    'clic pe criteriu SAP
    If criteriu = PT Then
        Form1.optfuzzy.Enabled = False
        Form1.cautopt.Enabled = False
        Form1.citcfg.Enabled = False
        Form1.rezultate.Enabled = False
        Form1.criteriu2.Checked = True
        Form1.opttipcalc_u.Checked = False
        Form1.opttipcalc_i.Checked = False
        criteriu = SAP
        If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
            Fuzzy = 3
        Else
            Fuzzy = 0
        End If

        tipcalc_ui = 1
        If valini <> 0 Then 'deja exista citita configuratia
            For i = 1 To n
                Call AtrN(i, crt, imi)
                NodActiv(i) = True
                NodConex(i) = False
            Next i
            If Fuzzy = 3 Then
                Call DoFuzzy
            End If
            For i = 1 To nrlat
                difplat(i) = 0
                difqlat(i) = 0
                difumiclat(i) = 0
                difumarelat(i) = 0
            Next i
            If Fuzzy = 3 Then
                For nrf = 1 To NrElemFuzzy
                    difplatf(i, nrf) = 0
                    difqlatf(i, nrf) = 0
                    difumiclatf(i, nrf) = 0
                    difumarelatf(i, nrf) = 0
                Next nrf
            End If
        End If
    End Sub

```

```

        Next nrf
    End If
Next i
Call CalculCf(criteriu)
valmax = valoare
valcrt = valoare
valini = valoare
valprec = valoare
valcrtalto = valcrtalt

Call Consemnare("S")

For i = 1 To n
    Call AtrN(i, opt, crt)
    Call AtrN(i, start, crt)
Next i
For i = 1 To nrlat
    difoptplat(i) = difplat(i)
    difoptqlat(i) = difqlat(i)
    difplatstart(i) = difplat(i)
    difqlatstart(i) = difqlat(i)
    difoptumilat(i) = difumiclat(i)
    difoptumalat(i) = difumarelat(i)
    difumilatstart(i) = difumiclat(i)
    difumalatstart(i) = difumarelat(i)
    If Fuzzy = 3 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difoptplatf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difoptqlatf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
            difplatstartf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difqlatstartf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
        Next nrf
    End If
Next i
valinicrt1 = valini
valinicrt2 = valcrtalt
If Fuzzy = 3 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valinicr1f(nrf) = valinif(nrf)
    Next nrf
End If
Form1.txtini.Text = Str(Round(valinicrt1, 4))
Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valinicrt2, 4))
Form1.txtini.Refresh
Form1.txtinialt.Refresh
Form1.txtenini.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
Form1.txtenini.Refresh
End If

Form1.Label1.Caption = "SAP : "
Form1.Label7.Caption = "Criteriul alternativ(PT[calcul de puteri])"
Form1.txtoptim.ToolTipText = "Valoarea SAP in retea in varianta optima de debrulare"
Form1.txtini.ToolTipText = "Valoarea SAP in retea pentru configuratia initiala"
Form1.txtcurent.ToolTipText = "Valoarea SAP in retea in configuratia curenta"
Form1.txtoptim.Text = ""
Form1.txtenopt.Text = ""
Form1.txtexplic.Text = "Criteriul de optimizare = SAP" + NL
End If
criteriu = SAP
Form1.optfuzzy.Enabled = False
Form1.cautopt.Enabled = True
Form1.citcfc.Enabled = True
Form1.rezultate.Enabled = True
End Sub

Private Sub datesursa_Click()
    Set ao1 = CreateObject("Excel.Application")

```

```

ae1.WorkBooks.Add (CurDir() + "\Sablon.XLT")
ae1.Visible = True
Set ae1 = Nothing
End Sub

Private Sub despre_Click()
Set aw = CreateObject("Word.Application")
zz = aw.Documents.Open(CurDir() + "\Despre.DOC", False, True)
aw.Visible = True
Set aw = Nothing
Set zz = Nothing
End Sub

Private Sub desprefuzzy_Click()
chx = MsgBox("Aplicatia permite utilizarea tehnicii fuzzy - (se va specifica acest lucru in meniul OPTIUNI DE CALCUL)." +
Chr(13) + "Se utilizeaza varianta unei multimi de valori dintr-un interval determinat de un coeficient fuzyy, coeficient care se
poate specifica tot in meniul de optiuni de calcul." + Chr(13) + "In cazul utilizarii tehnicii fuzzy, se pot vizualiza componentele
fuzzy ale unei marimi afisate in tabel, prin clic pe marimea respectiva.", 0, "Informatii despre aplicatie", "", 0)
End Sub

Private Sub DirInput_Change()
numediri = Trim(DirInput.Path)
If Right(numediri, 2) = ":\" Then
numediri = ""
End If
FileInput.Path = DirInput.Path
FileInput.Refresh
End Sub

Private Sub DrvInput_Change()
numedrvi = Trim(DrvInput.Drive) + "\"
DirInput.Path = ""
DirInput.Refresh
End Sub

Private Sub FileInput_Click()
numefisi = Trim(FileInput.FileName)
sursadate = ""
If numediri = "" Then
sursadate = numedrvi + "\" + numefisi
Else
If Mid(numediri, 2, 2) = ":\" Then
sursadate = numediri + "\" + numefisi
Else
sursadate = numedrvi + "\" + numediri + "\" + numefisi
End If
End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
detalii = 1 ' 1 = afisare valori totale la cautare si revenire, 2 = afisare val.calculate in noduri si laturi, 3 = afisare calcul din
aproape in aproape, 4 = afisare pt.fiecare modificare de valori in noduri sau laturi
errcalcul = False
erori = ""
errcritice = ""
chx = vbOK
cerr = 0.05
Fuzzy = 2
CautExhaust = True
valinicrt1 = 0
valinicrt2 = 0

```



```
criteriu = PT
tipcalc_ui = 2
Form1.criteriu2.Checked = False
Form1.Label1.Caption = "PT-calcul de curenti"
Form1.Label7.Caption = "Criteriu alternativ (SAP)"
```

```
Form1.TabLaturi.ColWidth(0) = 480
Form1.TabLaturi.ColWidth(1) = 900
Form1.TabLaturi.ColWidth(2) = 760
Form1.TabLaturi.ColWidth(3) = 760
Form1.TabLaturi.ColWidth(4) = 760
```

```
With Form1.Tabel
.ColWidth(0) = 480
.ColWidth(1) = 850
.ColWidth(2) = 650
.ColWidth(3) = 650
.ColWidth(4) = 650
```

```
End With
rosu = &HFF&
negru = &H0&
NL = Chr(13) + Chr(10)
```

```
With Form1.Tabel
```

```
.Row = 0
.Col = 0
.Text = "Nod"
.Col = 1
.Text = "U"
.Col = 2
.Text = "P"
.Col = 3
.Text = "Q"
.Col = 4
.Text = "Ia"
.Col = 5
.Text = "Ir"
.Visible = False
```

```
End With
```

```
With Form1.TabLaturi
```

```
.Row = 0
.Col = 0
.Text = "NrLatura"
.Col = 1
.Text = "Latura"
.Col = 2
.Text = "DeltaP"
.Col = 3
.Text = "ia"
.Col = 4
.Text = "ir"
.Visible = False
```

```
End With
```

```
With Form1.TabLatDesch
```

```
.Row = 0
.Col = 0
.Text = "NrLatura"
.Col = 1
.Text = "Latura"
.Visible = False
```

```
End With
```

```
Form1.TabLatDesch.ColWidth(0) = 700
Form1.TabLatDesch.ColWidth(1) = 1700
Form1.LblLatDesch.Visible = False
Form1.Label2.Visible = False
Form1.txtcurent.Visible = False
Form1.txtexplic.Visible = False
Form1.Shape1.Visible = False
```

```

Form1.Label1.Visible = False
Form1.Label3.Visible = False
Form1.Label4.Visible = False
Form1.txtini.Visible = False
Form1.txtoptim.Visible = False
Form1.txtinialt.Visible = False
Form1.txtertalt.Visible = False
Form1.Shape2.Visible = False
Form1.Label7.Visible = False
Form1.Label8.Visible = False
Form1.Label9.Visible = False

valcrt = 0
valini = 0
valmax = 0

numedrvi = "C:"
numediri = Mid(CurDir(), 4)
numefisi = ""
Form1.DrvInput.Drive = "C:"
Form1.DirInput.Path = CurDir()
sursadate = ""
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Close #3
    Unload OptReiterare
    Unload Me
End Sub

Private Sub scriere_Click()
    frmOutput.Visible = True
    Form1.txtexplic.Text = "Scriu configuratia rezultata...." + NL
    Form1.txtexplic.Refresh
    Open (cale + "\REZ.txt") For Output As #2
    Write #2, n
    For i = 1 To n
        Write #2, numenod(i), tipnod(i); Int(poptnod(i) / 1000); Int(qoptnod(i) / 1000)
    Next i
    Write #2, nrlat
    For i = 1 To nrlat
        Write #2, numenod(nodinilat(i)); numenod(nodfinlat(i)); leg(nodimilat(i), nodfinlat(i)); Round(rlat(i), 3); Round(xlat(i), 3)
    Next i
    Write #2, tensiune
    Close #2

End Sub

Private Sub optcautare_Click()
    Form1.optcautare.Checked = Not CautExhaust
    CautExhaust = Not CautExhaust
End Sub

Private Sub optfuzzyact_Click()
    If Form1.optfuzzyact.Checked Then
        Form1.optfuzzydeact.Checked = False
        Form1.optfuzzyact.Checked = True
        Fuzzy = 1
    Else
        Form1.optfuzzydeact.Checked = False
        Form1.optfuzzyact.Checked = True
        Fuzzy = 1
        ReDim pininodf(n, NrElemFuzzy), qininodf(n, NrElemFuzzy)
        ReDim pnodf(n, NrElemFuzzy), qnodf(n, NrElemFuzzy), unodf(n, NrElemFuzzy), poptnodf(n, NrElemFuzzy), qoptnodf(n, NrElemFuzzy), uoptnodf(n, NrElemFuzzy), pstartnodf(n, NrElemFuzzy), qstartnodf(n, NrElemFuzzy), ustartnodf(n, NrElemFuzzy), pnodzerof(n, NrElemFuzzy), qnodzerof(n, NrElemFuzzy), unodzerof(n, NrElemFuzzy)
    End If
End Sub

```

```

ReDim rlatf(nrlat, NrElemFuzzy), xlatf(nrlat, NrElemFuzzy), difplatf(nrlat, NrElemFuzzy), difqlatf(nrlat, NrElemFuzzy),
difoptplatf(nrlat, NrElemFuzzy), difoptqlatf(nrlat, NrElemFuzzy), difplatstartf(nrlat, NrElemFuzzy), difqlatstartf(nrlat,
NrElemFuzzy), difumiclatf(nrlat, NrElemFuzzy), difumarelatf(nrlat, NrElemFuzzy)
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    valnicr1f(nrf) = 0
    valcrtf(nrf) = 0
    valinif(nrf) = 0
    valmaxf(nrf) = 0
    valoaref(nrf) = 0
    optlocalf(nrf) = 0
Next nrf
If valini < 0 Then
    For i = 1 To n
        Call AtrN(i, crt, ini)
        NodActiv(i) = True
        NodConex(i) = False
    Next i
    Call DoFuzzy
    For i = 1 To nrlat
        difplat(i) = 0
        difqlat(i) = 0
        difumiclat(i) = 0
        difumarelat(i) = 0
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i, nrf) = 0
            difqlatf(i, nrf) = 0
            difumiclatf(i, nrf) = 0
            difumarelatf(i, nrf) = 0
        Next nrf
    Next i
    Call CalculCf(criteriu)
    valmax = valoare
    valcrt = valoare
    valini = valoare
    valprec = valoare
    valcrtalto = valcrtalt
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valcrtf(nrf) = valoaref(nrf)
        valmaxf(nrf) = valoaref(nrf)
        valinif(nrf) = valoaref(nrf)
    Next nrf
    Call Consemnare("S")

    For i = 1 To n
        Call AtrN(i, opt, crt)
        Call AtrN(i, start, crt)
    Next i
    For i = 1 To nrlat
        difoptplat(i) = difplat(i)
        difoptqlat(i) = difqlat(i)
        difplatstart(i) = difplat(i)
        difqlatstart(i) = difqlat(i)
        difoptumilat(i) = difumiclat(i)
        difoptumalat(i) = difumarelat(i)
        difumilatstart(i) = difumiclat(i)
        difumalatstart(i) = difumarelat(i)
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difoptplatf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difoptqlatf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
            difplatstartf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difqlatstartf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
        Next nrf
    Next i
    valnicr1 = valini
    valnicr2 = valcrtalt
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valnicr1f(nrf) = valinif(nrf)

```

```

Next nrf
Form1.txtini.Text = Str(Round(valiniert1, 4))
Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valiniert2, 4))
Form1.txtini.Refresh
Form1.txtinialt.Refresh
Form1.txtenini.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
Form1.txtenini.Refresh
End If
End If
Form1.optfuzzydeact.Caption = "Dezactivare"
Form1.optfuzzyact.Caption = "Activata"

End Sub

Private Sub optfuzzycoef_Click()
If Fuzzy = 0 Then
X = MsgBox("Optiune disponibila numai in cazul utilizarii tehnicii Fuzzy", 0, "Eroare")
Else
cerr2 = InputBox("Introduceti noua valoare pentru coeficient:", "Specificare coeficient fuzzy", cerr)
If Len(cerr2) > 0 Then
cerr = Val(cerr2)
End If
End If
If valini < 0 Then
For i = 1 To n
Call AtrN(i, crt, ini)
NodActiv(i) = True
NodConex(i) = False
Next i
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If Fuzzy = 1 And tipcalc_ui < 2
Call DoFuzzy
End If
For i = 1 To nrlat
difplat(i) = 0
difqlat(i) = 0
difumiclat(i) = 0
difumarelat(i) = 0
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'Fuzzy = 1 And tipcalc_ui < 2
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
difplatf(i, nrf) = 0
difqlatf(i, nrf) = 0
difumiclatf(i, nrf) = 0
difumarelatf(i, nrf) = 0
Next nrf
End If
Next i
Call CalculCfg(criteriu)
valmax = valoare
valcrt = valoare
valini = valoare
valprec = valoare
valcrtalto = valcrtalt
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then 'If Fuzzy = 1 And tipcalc_ui < 2
For nrf = 1 To NrElemFuzzy
valcrtf(nrf) = valoaref(nrf)
valmaxf(nrf) = valoaref(nrf)
valinif(nrf) = valoaref(nrf)
Next nrf
End If
Call Consemnare("S")

For i = 1 To n
Call AtrN(i, opt, crt)
Call AtrN(i, start, crt)
Next i
For i = 1 To nrlat
difoptplat(i) = difplat(i)

```

```

difoqtlat(i) = difqlat(i)
difplatstart(i) = difplat(i)
difqlatstart(i) = difqlat(i)
difoqtumilat(i) = difumiclat(i)
difoqtumalat(i) = difumarelat(i)
difumilatstart(i) = difumiclat(i)
difumalatstart(i) = difumarelat(i)
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then  'If Fuzzy = 1 And tipcalc_ui <> 2
  For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    difoqtplatf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
    difoqtlatf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
    difplatstartf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
    difqlatstartf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
  Next nrf
End If
Next i
valnicrt1 = valini
valnicrt2 = valcrtalt
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then  'If Fuzzy = 1 And tipcalc_ui <> 2
  For nrf = 1 To NrElemFuzzy
    valnicrt1f(nrf) = valinif(nrf)
  Next nrf
End If
Form1.txtini.Text = Str(Round(valnicrt1, 4))
Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valnicrt2, 4))
Form1.txtini.Refresh
Form1.txtinialt.Refresh
Form1.txtenini.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
Form1.txtenini.Refresh
End If
End Sub

Private Sub optfuzzydeact_Click()
  If Fuzzy = 0 Then
    Form1.optfuzzydeact.Checked = True
    Form1.optfuzzyact.Checked = False
  Else
    Form1.optfuzzydeact.Checked = True
    Form1.optfuzzyact.Checked = False
    Fuzzy = 0
    If valini <> 0 Then
      For i = 1 To n
        Call AtrN(i, crt, ini)
        NodActiv(i) = True
        NodConex(i) = False
      Next i
      For i = 1 To nrlat
        difplat(i) = 0
        difqlat(i) = 0
        difumiclat(i) = 0
        difumarelat(i) = 0
      Next i
      Call CalculCfg(criteriu)
      valmax = valoare
      valcrt = valoare
      valini = valoare
      valprec = valoare
      valcrtalto = valcrtalt

      Call Consemnare("S")

      For i = 1 To n
        Call AtrN(i, opt, crt)
        Call AtrN(i, start, crt)
      Next i
      For i = 1 To nrlat
        difoqtplat(i) = difplat(i)

```

```

        difoptqlat(i) = difqlat(i)
        difplatstart(i) = difplat(i)
        difqlatstart(i) = difqlat(i)
        difoptumilat(i) = difumiclat(i)
        difoptumalat(i) = difumarelat(i)
        difumilatstart(i) = difumiclat(i)
        difumalatstart(i) = difumarelat(i)
    Next i
    valnicrt1 = valini
    valnicrt2 = valcrtalt
    Form1.txtini.Text = Str(Round(valnicrt1, 4))
    Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valnicrt2, 4))
    Form1.txtini.Refresh
    Form1.txtinialt.Refresh
    Form1.txtenini.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
    Form1.txtemini.Refresh
End If
End If
Form1.optfuzzydeact.Caption = "Dezactivata"
Form1.optfuzzyact.Caption = "Activare"

End Sub

Private Sub optrezfin_Click()
    Screen.MousePointer = vbHourglass
    Set ae = CreateObject("Excel.Application")
    ae.WorkBooks.Open (sursadate)
    ae.Sheets(6).Activate
    ae.Visible = True
    'ae.Quit
    Set ae = Nothing
    Screen.MousePointer = vbDefault
    Form1.cautopt.Enabled = True
    Form1.citcfg.Enabled = True
End Sub

Private Sub optrezinter_Click()
    Close #3
    OLEJurnal.SourceDoc = CurDir() + "\JURNAL.TXT"
    OLEJurnal.CreateLink (CurDir() + "\JURNAL.TXT")
    OLEJurnal.Visible = True
    OLEJurnal.DoVerb
    OLEJurnal.Visible = False
    Open (CurDir() + "\JURNAL.TXT") For Append As #3
    Form1.cautopt.Enabled = True
    Form1.citcfg.Enabled = True
End Sub

Private Sub opttipcalc_i_Click()

    If criteriu = SAP Or tipcalc_ui = 1 Then ' era inainte calcul de puteri sau SAP
        criteriu = PT
        tipcalc_ui = 2
        If Fuzzy <> 0 Then
            Fuzzy = 2
        End If
        Form1.optfuzzy.Enabled = False
        If valini <> 0 Then ' deja exista citita configuratia
            For i = 1 To n
                Call AtrN(i, crt, imi)
                NodActiv(i) = True
                NodConex(i) = False
            Next i
            For i = 1 To nrlat
                difplat(i) = 0
                difqlat(i) = 0
                ialat(i) = 0
            Next i
        End If
    End If

```

```

    irlat(i) = 0
Next i
Call CalculCfg(criteriu)
valmax = valoare
valcrt = valoare
valini = valoare
valprec = valoare
valcrtalto = valcrtalt

Call Consemnare("S")

For i = 1 To n
    Call AtrN(i, opt, crt)
    Call AtrN(i, start, crt)
Next i
For i = 1 To nrlat
    difoptplat(i) = difplat(i)
    difoptqlat(i) = difqlat(i)
    difplatstart(i) = difplat(i)
    difqlatstart(i) = difqlat(i)
    difoptumilat(i) = difumiclat(i)
    difoptumalat(i) = difumarelat(i)
    difumilatstart(i) = difumiclat(i)
    difumalatstart(i) = difumarelat(i)
Next i
valinicrt1 = valini
valinicrt2 = valcrtalt
Form1.txtini.Text = Str(Round(valinicrt1, 4))
Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valinicrt2, 4))
Form1.txtini.Refresh
Form1.txtinialt.Refresh
Form1.txtenini.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
Form1.txtenini.Refresh
End If

Form1.Label1.Caption = "Pierdere totala de putere [calcul de curenti]"
Form1.Label7.Caption = "Criteriu alternativ (SAP)"
Form1.txtoptim.ToolTipText = "Valoarea pierderilor totale in retea in varianta optima de debrulare"
Form1.txtini.ToolTipText = "Valoarea pierderilor totale in retea pentru configuratia initiala"
Form1.txtcurent.ToolTipText = "Valoarea pierderilor totale in retea in configuratia curenta"
Form1.txtoptim.Text = ""
Form1.txtenopt.Text = ""
Form1.txtexplic.Text = "Calcul pe baza curentilor" + NL
End If
tipcalc_ui = 2
Form1.optfuzzy.Enabled = False
Form1.opttipcalc_u.Checked = False
Form1.opttipcalc_i.Checked = True
Form1.criteriu2.Checked = False
Form1.cautopt.Enabled = True
Form1.citcfg.Enabled = True
Form1.rezultate.Enabled = True

End Sub

Private Sub opttipcalc_u_Click()
If criteriu = SAP Or tipcalc_ui = 2 Then 'era inainte Curenti
    criteriu = PT
    tipcalc_ui = 1
If Fuzzy = 1 Or Fuzzy = 3 Then
    Fuzzy = 1
Else
    Fuzzy = 0
End If
Form1.optfuzzy.Enabled = True
If valini <> 0 Then 'deja exista citita configuratia
    For i = 1 To n

```

```

    Call AtrN(i, crt, ini)
    NodActiv(i) = True
    NodConex(i) = False
Next i
For i = 1 To nrlat
    difplat(i) = 0
    difqlat(i) = 0
    difumiclat(i) = 0
    difumarelat(i) = 0
    If Fuzzy = 1 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difplatf(i, nrf) = 0
            difqlatf(i, nrf) = 0
            difumiclatf(i, nrf) = 0
            difumarelatf(i, nrf) = 0
        Next nrf
    End If
Next i
If Fuzzy = 1 Then
    Call DoFuzzy
End If
Call CalculCf(PT)
valmax = valoare
valcrt = valoare
valini = valoare
valprec = valoare
valcrtalto = valcrtalt

Call Consemnare("S")

For i = 1 To n
    Call AtrN(i, opt, crt)
    Call AtrN(i, start, crt)
Next i
For i = 1 To nrlat
    difoptplat(i) = difplat(i)
    difoptqlat(i) = difqlat(i)
    difplatstart(i) = difplat(i)
    difqlatstart(i) = difqlat(i)
    difoptumilat(i) = difumiclat(i)
    difoptumalat(i) = difumarelat(i)
    difumilatstart(i) = difumiclat(i)
    difumalatstart(i) = difumarelat(i)
    If Fuzzy = 1 Then
        For nrf = 1 To NrElemFuzzy
            difoptplatf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difoptqlatf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
            difplatstartf(i, nrf) = difplatf(i, nrf)
            difqlatstartf(i, nrf) = difqlatf(i, nrf)
        Next nrf
    End If
Next i
valinicrt1 = valini
valinicrt2 = valcrtalt
If Fuzzy = 1 Then
    For nrf = 1 To NrElemFuzzy
        valinicr1f(nrf) = valinif(nrf)
    Next nrf
End If
Form1.txtini.Text = Str(Round(valinicrt1, 4))
Form1.txtinialt.Text = Str(Round(valinicrt2, 4))
Form1.txtini.Refresh
Form1.txtinialt.Refresh
Form1.txtenimi.Text = Str(Round(valini * TipuriCaract(TipCaract, 2), 4))
Form1.txtenimi.Refresh
End If

```



```

Form1.Label1.Caption = "Pierdere totala de putere [calcul de puteri]"
Form1.Label7.Caption = "Criteriu alternativ(SAP)"
Form1.txtoptim.ToolTipText = "Valoarea pierderilor totale in retea in varianta optima de debuculare"
Form1.txtini.ToolTipText = "Valoarea pierderilor totale in retea pentru configuratia initiala"
Form1.txtcurent.ToolTipText = "Valoarea pierderilor totale in retea in configuratia curenta"
Form1.txtoptim.Text = ""
Form1.txtenopt.Text = ""
Form1.txtexplic.Text = "Calcul pe baza tensiunilor" + NL
End If
tipcalc_ui = 1
Form1.optfuzzy.Enabled = True
Form1.opttipcalc_u.Checked = True
Form1.opttipcalc_i.Checked = False
Form1.criteriu2.Checked = False
Form1.cautopt.Enabled = True
Form1.citcfg.Enabled = True
Form1.rezultate.Enabled = True
End Sub

Private Sub rezultate_Click()
    Form1.cautopt.Enabled = False
    Form1.citcfg.Enabled = False
End Sub

Private Sub Stop_Click()
    Unload Form1
End Sub

Private Sub Tabel_Click()
    If Fuzzy = 1 Then If criteriu = PT And Fuzzy = 1
        Select Case Tabel.Col
            Case 1 ' tensiune
                chx = MsgBox("Nod " & numenod(Tabel.Row) & Chr(13) & " Tensiune = " & Str(Round(unod(Tabel.Row) / 1000, 3))
                & Chr(13) & Str(Round(unodf(Tabel.Row, 1) / 1000, 3)) & "." & Str(Round(unodf(Tabel.Row, 2) / 1000, 3)) & "," &
                Str(Round(unodf(Tabel.Row, 3) / 1000, 3)) & "," & Str(Round(unodf(Tabel.Row, 4) / 1000, 3)), 0, "Componente fuzzy pentru
                TENSIUNE IN NOD", "", 0)
            Case 2 ' putere activa
                chx = MsgBox("Nod " & numenod(Tabel.Row) & Chr(13) & "Putere Activa = " & Str(Round(pnod(Tabel.Row) / 1000,
                3)) & Chr(13) & Str(Round(pnodf(Tabel.Row, 1) / 1000, 3)) & "." & Str(Round(pnodf(Tabel.Row, 2) / 1000, 3)) & "," &
                Str(Round(pnodf(Tabel.Row, 3) / 1000, 3)) & "," & Str(Round(pnodf(Tabel.Row, 4) / 1000, 3)), 0, "Componente fuzzy pentru
                PUTERE ACTIVA IN NOD", "", 0)
            Case 3 ' putere reactiva
                chx = MsgBox("Nod " & numenod(Tabel.Row) & Chr(13) & "Putere Reactiva = " & Str(Round(qnod(Tabel.Row) / 1000,
                3)) & Chr(13) & Str(Round(qnodf(Tabel.Row, 1) / 1000, 3)) & "." & Str(Round(qnodf(Tabel.Row, 2) / 1000, 3)) & "," &
                Str(Round(qnodf(Tabel.Row, 3) / 1000, 3)) & "," & Str(Round(qnodf(Tabel.Row, 4) / 1000, 3)), 0, "Componente fuzzy pentru
                PUTERE REACTIVA IN NOD", "", 0)
        End Select
    End If
End Sub

Private Sub TabLaturi_Click()
    Dim jh As Integer
    jh = TabLaturi.Row
    If criteriu = PT And tipcalc_ui = 2 Then
        MsgBox ("3*" + Str(Round(ialat(jh), 2)) + "*" + Str(Round(ialat(jh), 2)) + "+" + Str(Round(irlat(jh), 2)) + "*" +
        Str(Round(irlat(jh), 2)) + "*" + Str(r0) + "*" + Str(Round(lplat(jh) / 1000, 2)) + "=" + Str(Round(difplat(jh), 2)))
    End If
    If Fuzzy = 1 Then If criteriu = PT And Fuzzy = 1
        Select Case TabLaturi.Col
            Case 2 ' x latura
                chx = MsgBox("Latura nr." + Str(TabLaturi.Row) + " in tabel" + " (intre nodurile " +
                numenod(nodinilat(TabLaturi.Row)) & "-" & numenod(nodfinlat(TabLaturi.Row)) & ")") & Chr(13) & " Pierderea de putere = "
                & Str(Round(difplat(TabLaturi.Row), 3)) & Chr(13) & Str(Round(difplatf(TabLaturi.Row, 1), 3)) & "," &
                Str(Round(difplatf(TabLaturi.Row, 2), 3)) & "," & Str(Round(difplatf(TabLaturi.Row, 3), 3)) & "," &
                Str(Round(difplatf(TabLaturi.Row, 4), 3)), 0, "Componente fuzzy pentru PIERDEREA DE PUTERE PE LATURA", "", 0)
        End Select
    End If
End Sub

```

End Sub

```
Private Sub TextOutput_Change()  
    numefiso = Trim(TextOutput.Text)  
    If Right(numefiso, 4) = ".TXT" Then  
        Else  
            numefiso = numefiso + ".TXT"  
        End If  
    End Sub
```

```
Private Sub txtcrtalt_Click()  
    If Fuzzy = 3 Then If criteriu = SAP And Fuzzy = 1  
        X = MsgBox(Str(Round(valcrtaltf(1), 2)) + "," + Str(Round(valcrtaltf(2), 2)) + "," + Str(Round(valcrtaltf(3), 2)) + "," +  
        Str(Round(valcrtaltf(4), 2)), 0, "Componentele fuzzy ale valorii pentru criteriul alternativ")  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub txtcurent_Click()  
    If Fuzzy = 1 Then If criteriu = PT And tipcalc_ui = 1 And Fuzzy = 1  
        X = MsgBox(Str(Round(valcrtf(1), 2)) + "," + Str(Round(valcrtf(2), 2)) + "," + Str(Round(valcrtf(3), 2)) + "," +  
        Str(Round(valcrtf(4), 2)), 0, "Componentele fuzzy ale valorii optime")  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub txtini_Click()  
    If Fuzzy = 1 Then If criteriu = PT And tipcalc_ui = 1 And Fuzzy = 1  
        X = MsgBox(Str(Round(valinif(1), 2)) + "," + Str(Round(valinif(2), 2)) + "," + Str(Round(valinif(3), 2)) + "," +  
        Str(Round(valinif(4), 2)), 0, "Componentele fuzzy ale valorii initiale")  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub txtimalt_Click()  
    If Fuzzy = 3 Then If criteriu = SAP And Fuzzy = 1  
        X = MsgBox(Str(Round(valinicr1f(1), 2)) + "," + Str(Round(valinicr1f(2), 2)) + "," + Str(Round(valinicr1f(3), 2)) + "," +  
        Str(Round(valinicr1f(4), 2)), 0, "Componentele fuzzy ale valorii initiale pentru criteriul alternativ")  
    Else  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub txtoptim_Click()  
    If Fuzzy = 1 Then If criteriu = PT And tipcalc_ui = 1 And Fuzzy = 1  
        X = MsgBox(Str(Round(valmaxf(1), 2)) + "," + Str(Round(valmaxf(2), 2)) + "," + Str(Round(valmaxf(3), 2)) + "," +  
        Str(Round(valmaxf(4), 2)), 0, "Componentele fuzzy ale valorii optime")  
    End If  
End Sub
```

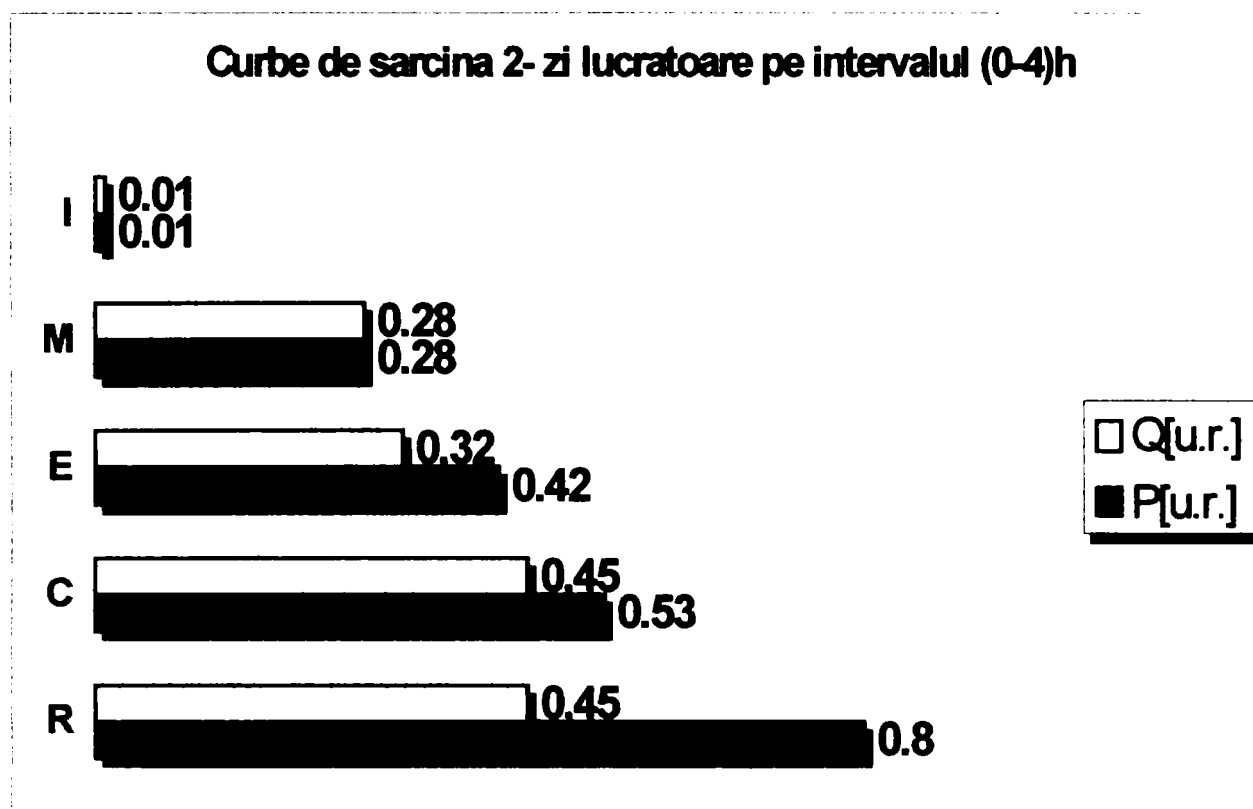


Fig. 1 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi lucrătoare pe intervalul orar 0-4

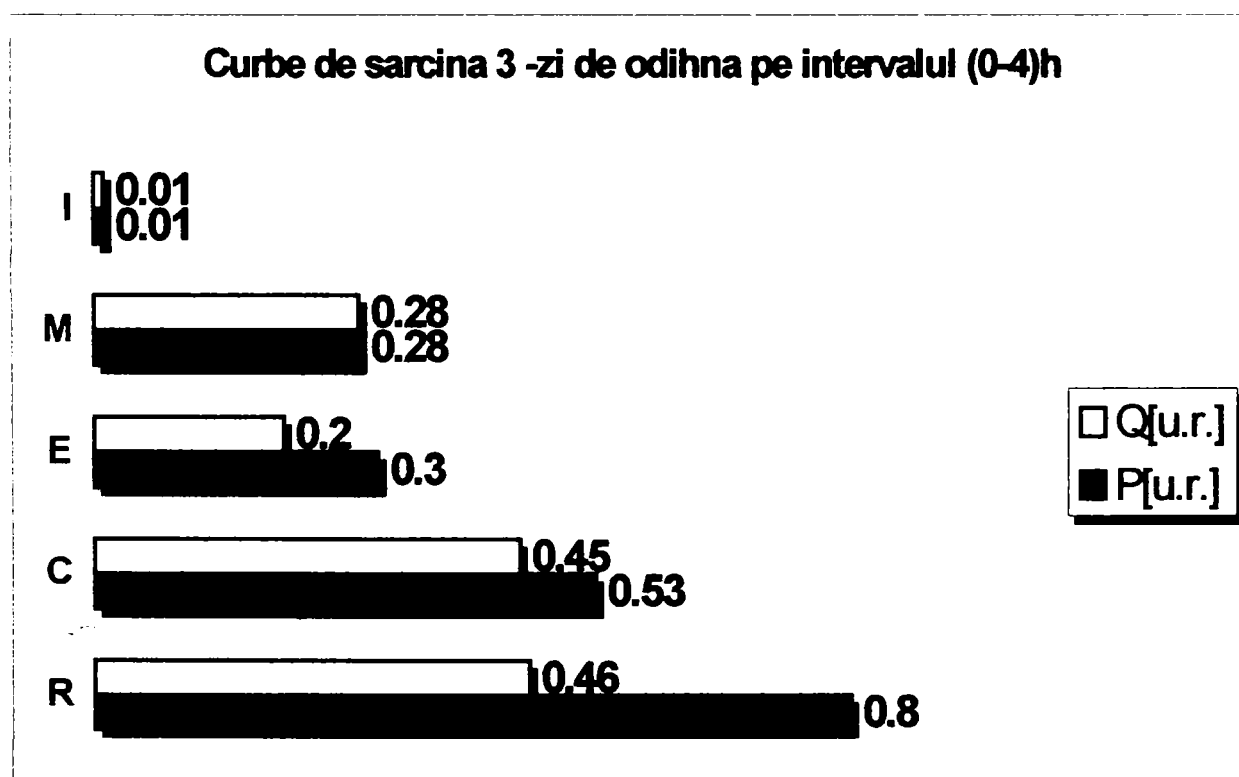


Fig. 2 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi de odihnă pe intervalul orar 0-4

**Curbe de sarcina 4- zi lucratoare pe intervalul (4-8)h**

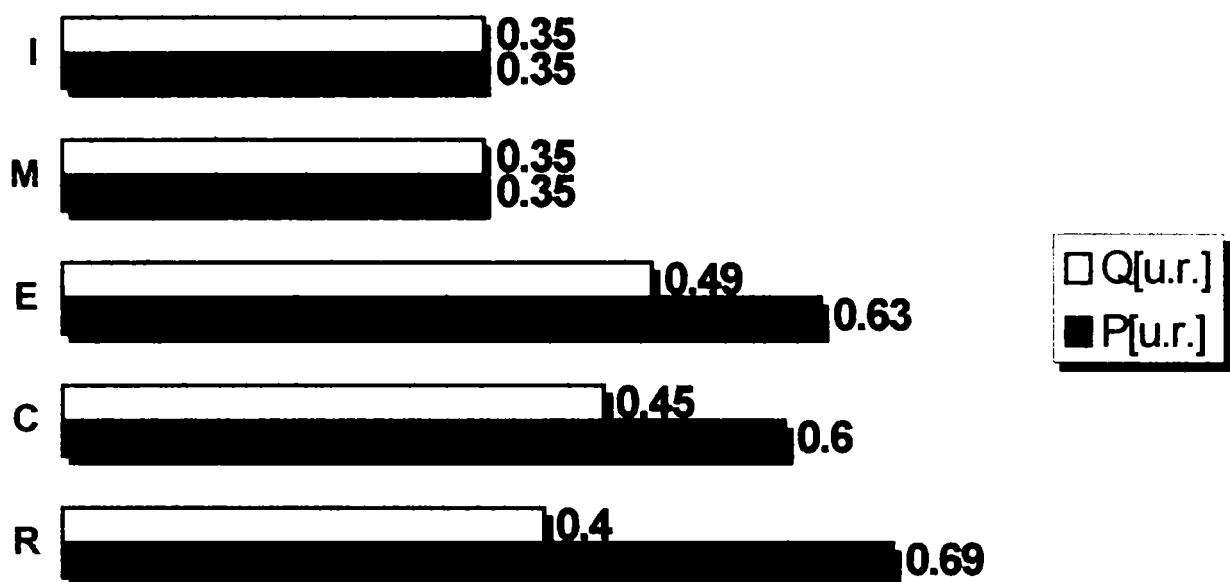


Fig. 3 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi lucrătoare pe intervalul orar 4-8

**Curbe de sarcina 5- zi de odihna pe intervalul (4-8)h**

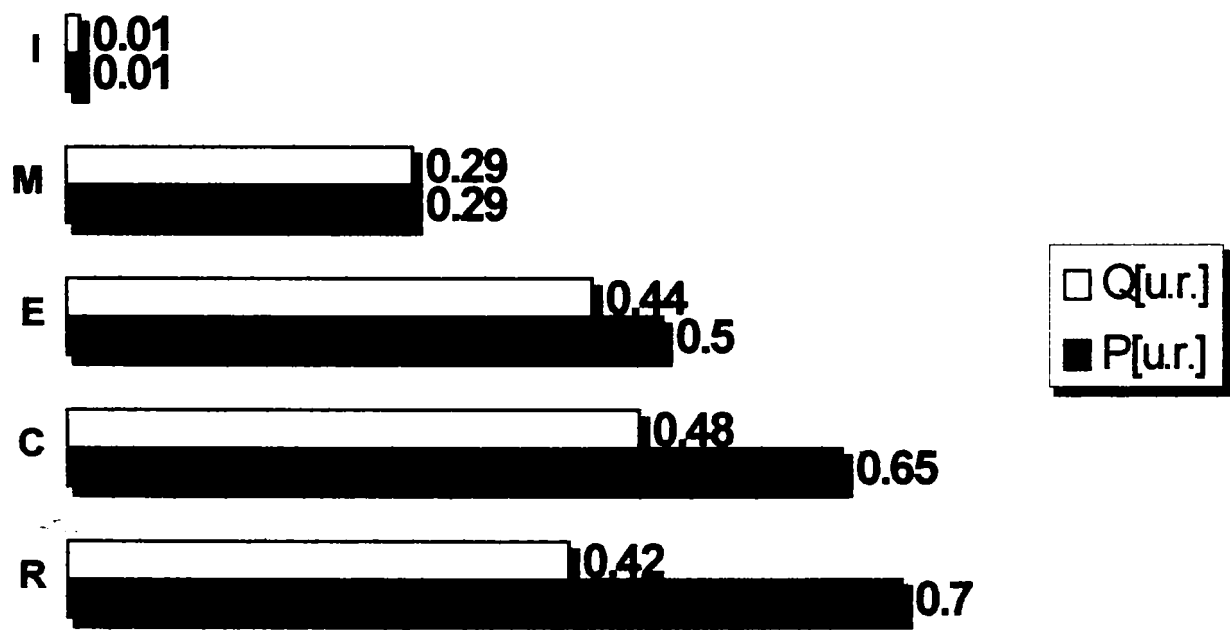


Fig. 4 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi de odihnă pe intervalul orar 4-8

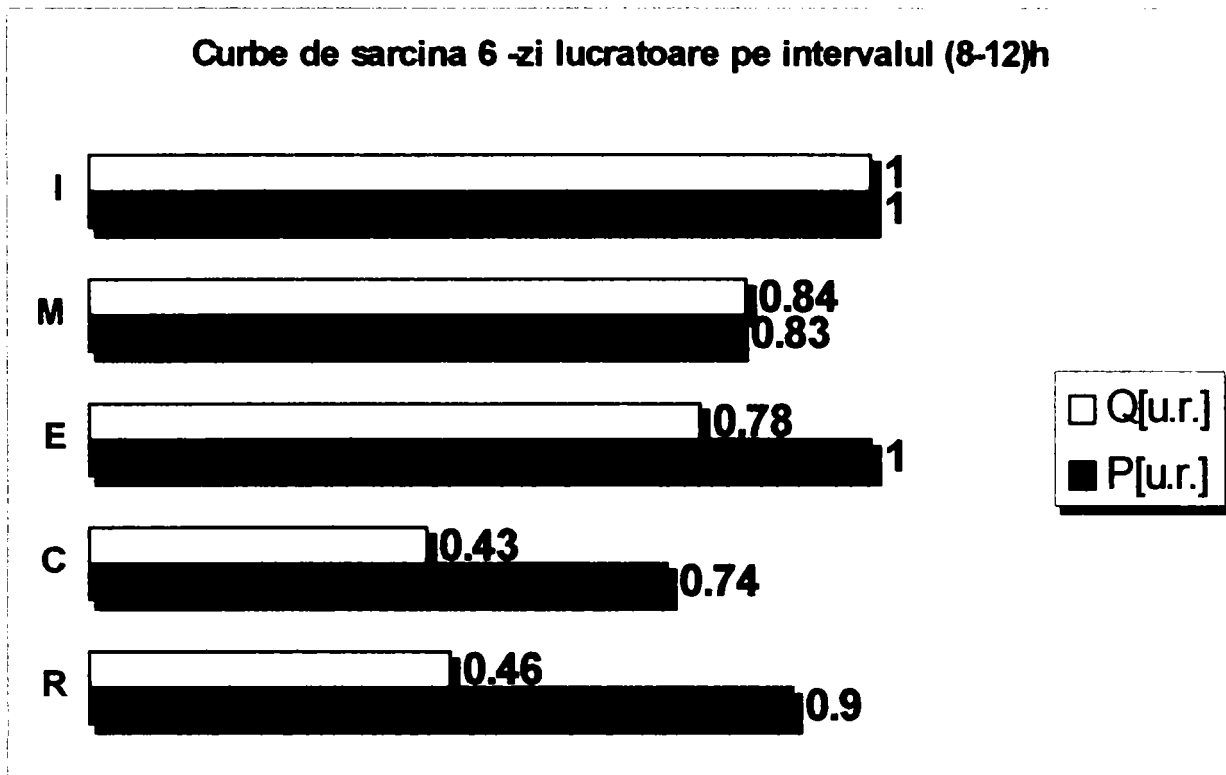


Fig. 5 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi lucrătoare pe intervalul orar 8-12

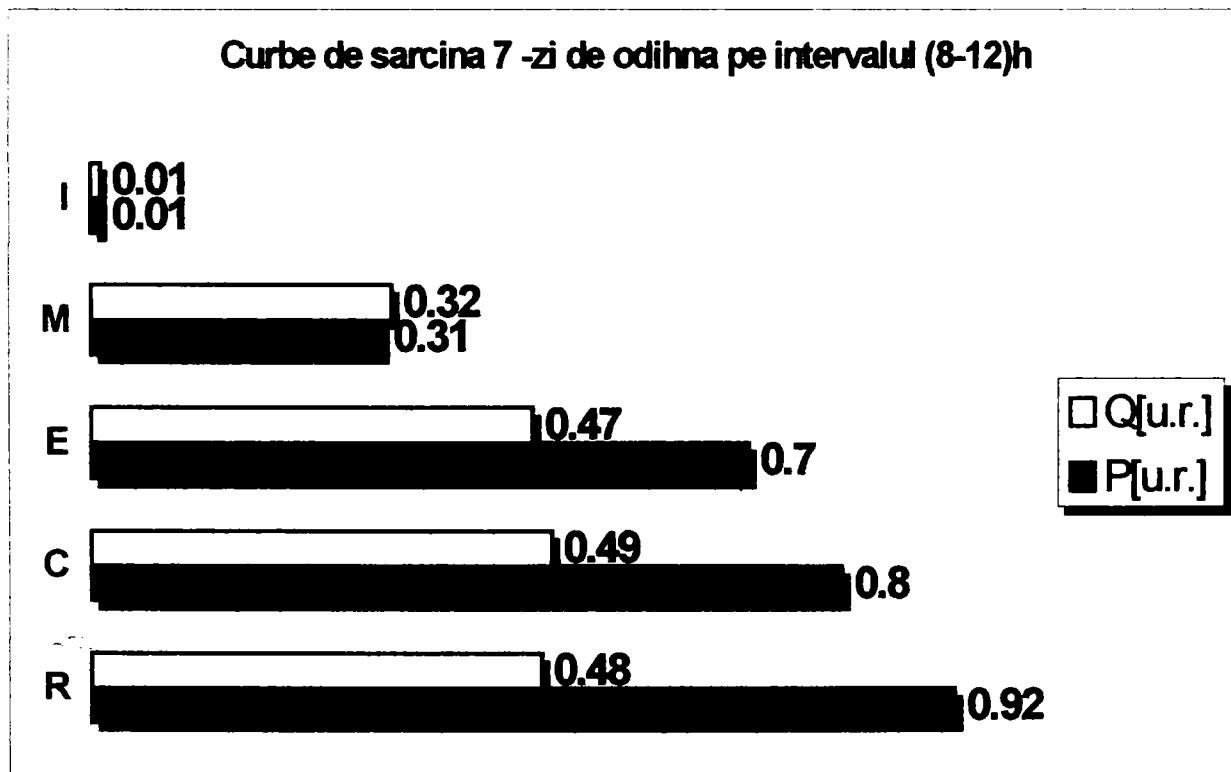


Fig. 6 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi de odihnă pe intervalul orar 8-12

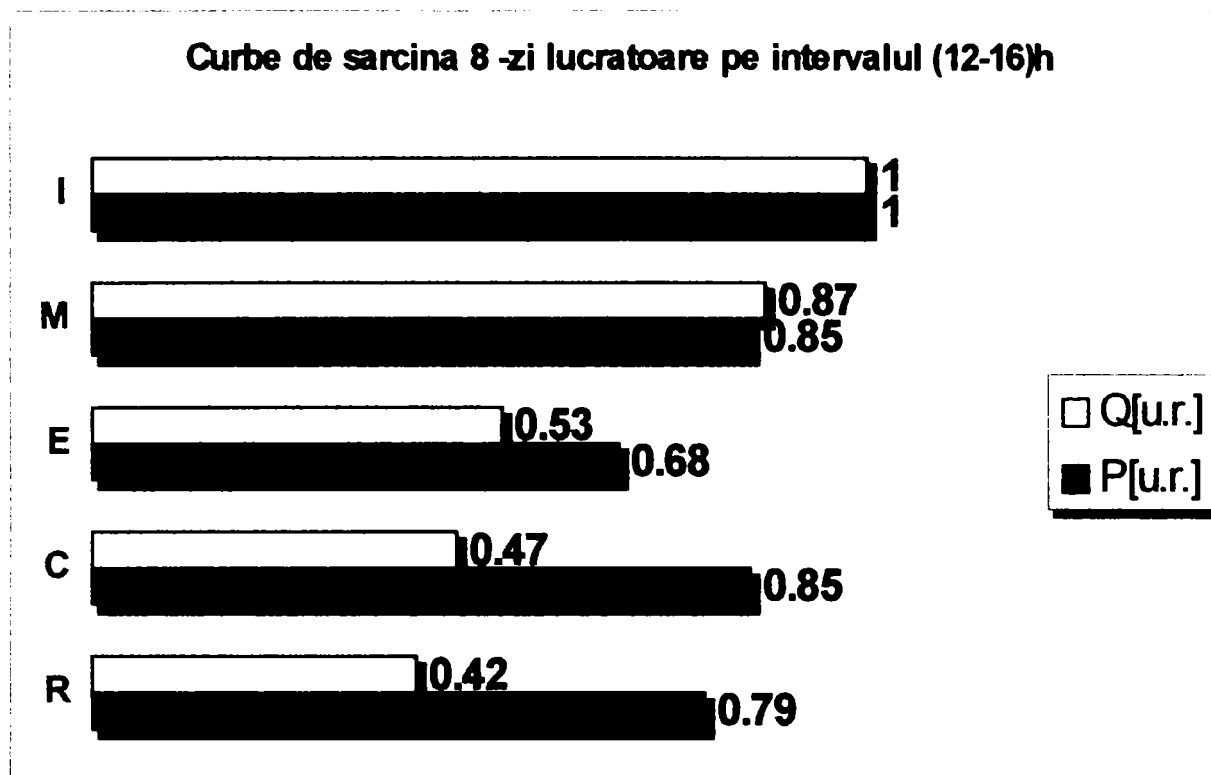


Fig. 7 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi lucrătoare pe intervalul orar 12-16

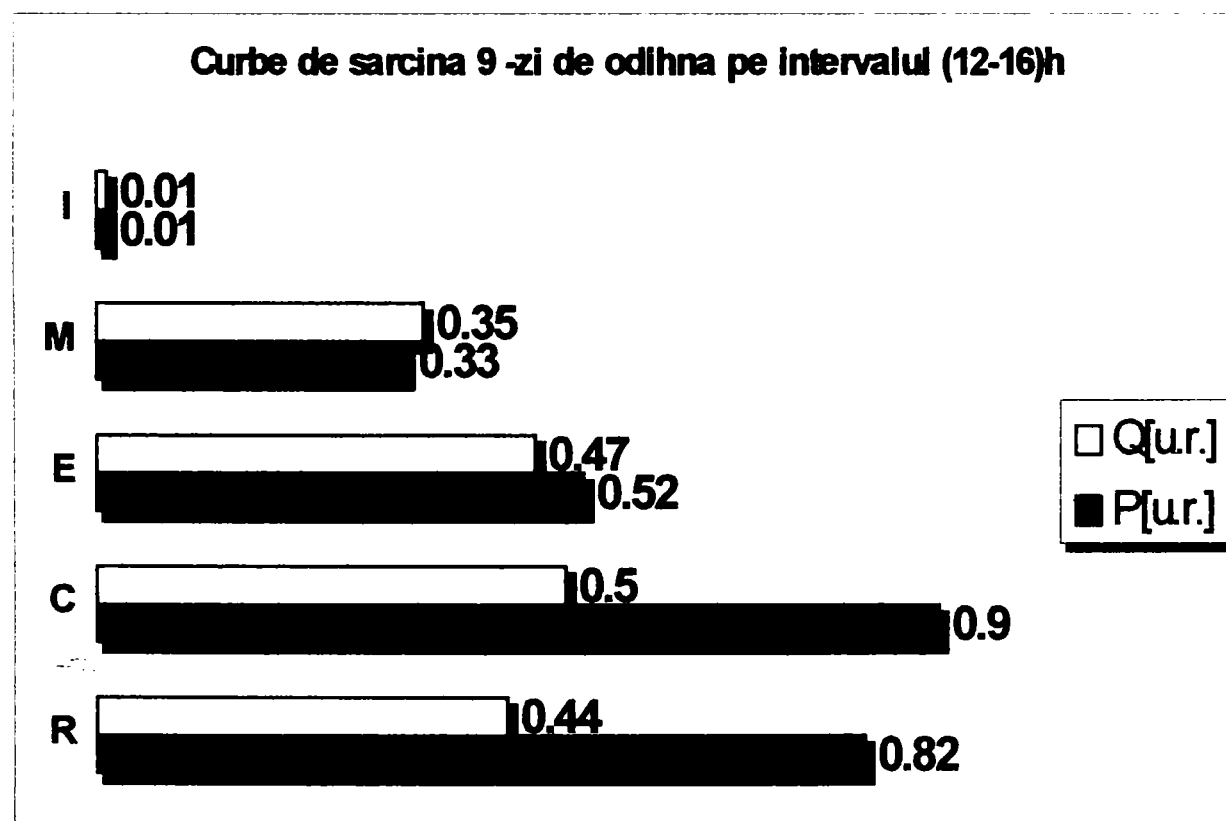


Fig. 8 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi de odihnă pe intervalul orar 12-16

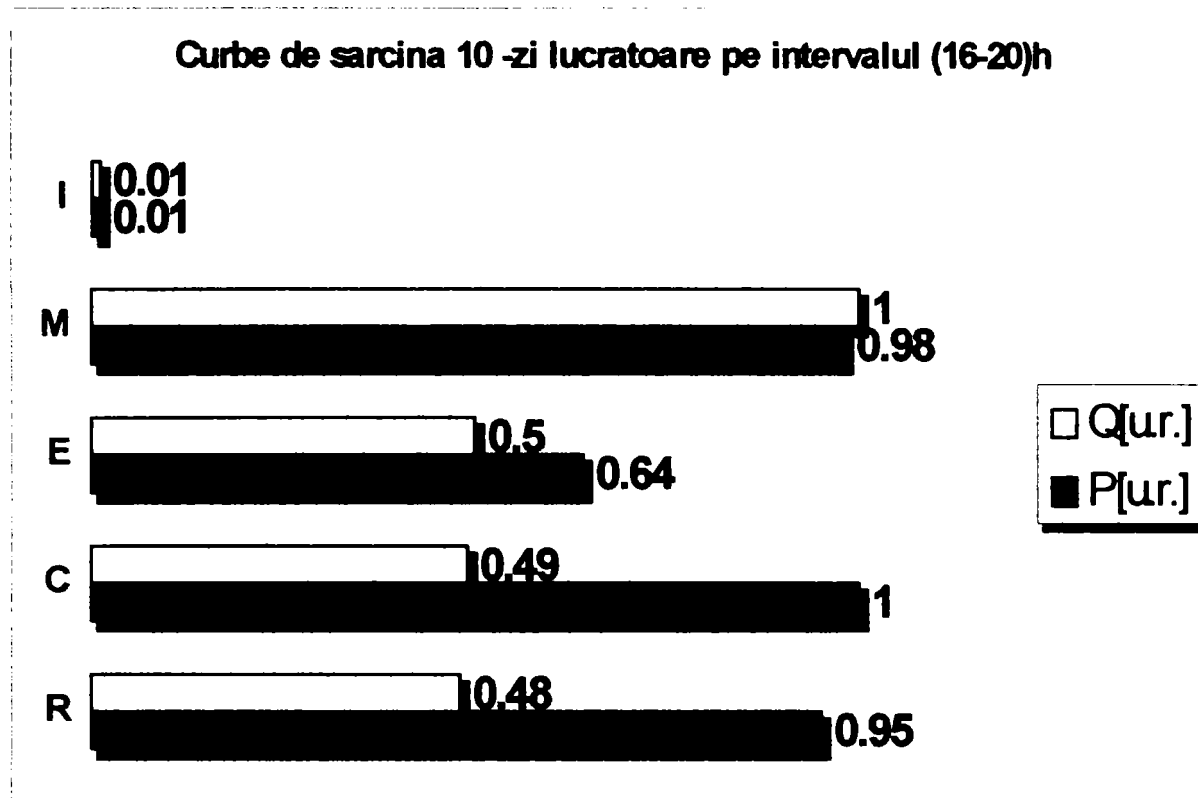


Fig. 9 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi lucrătoare pe intervalul orar 16-20

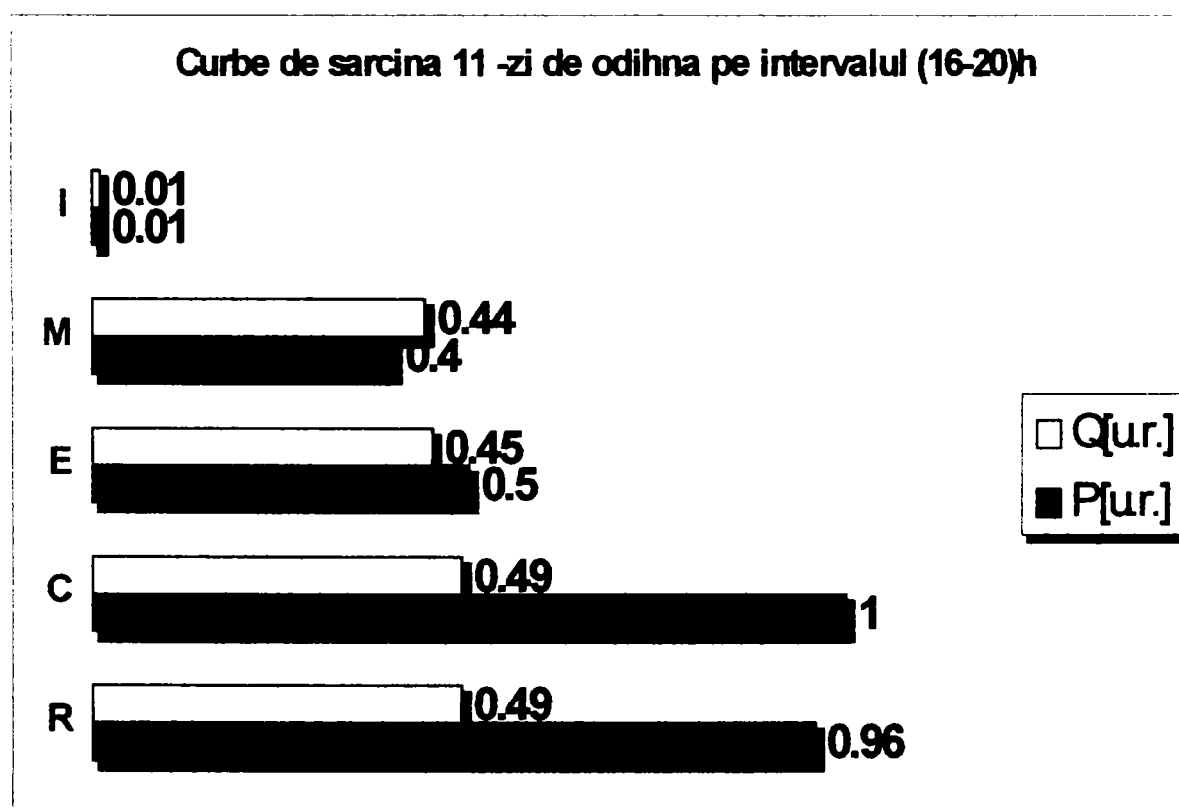


Fig. 10 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi de odihnă pe intervalul orar 16-20

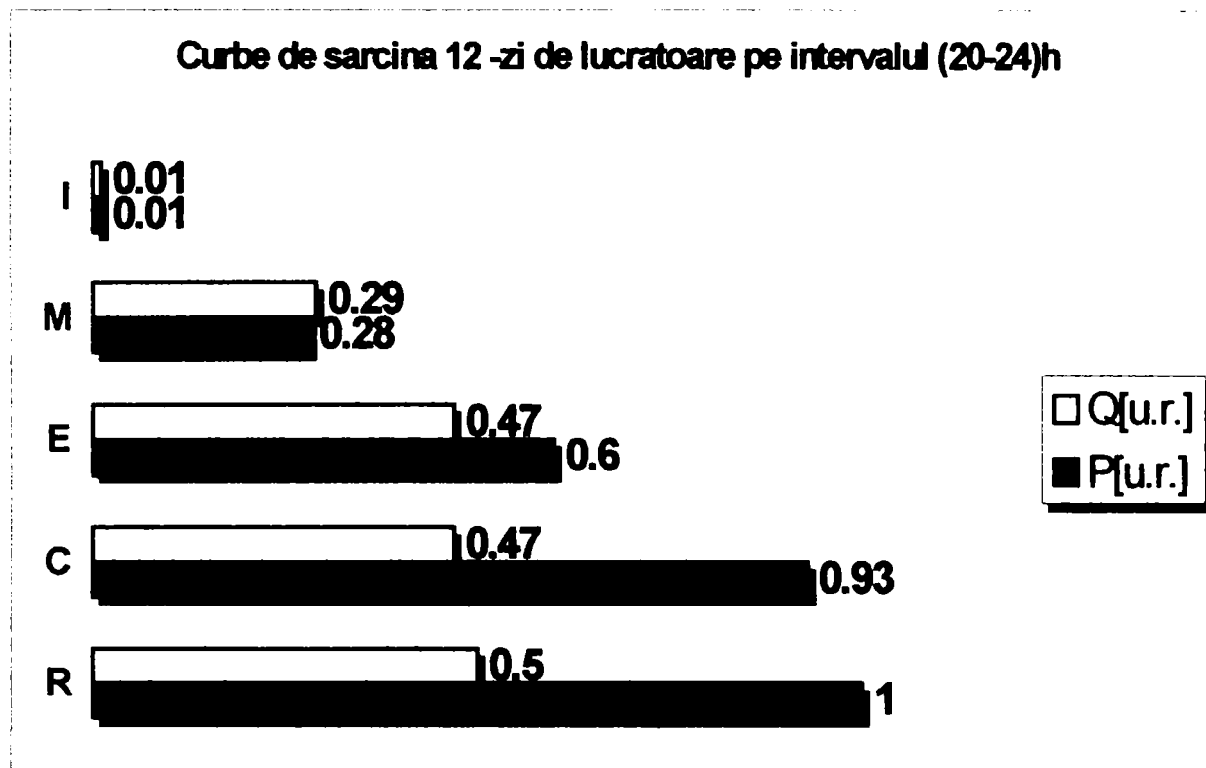


Fig. 11 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi lucrătoare pe intervalul orar 20-24

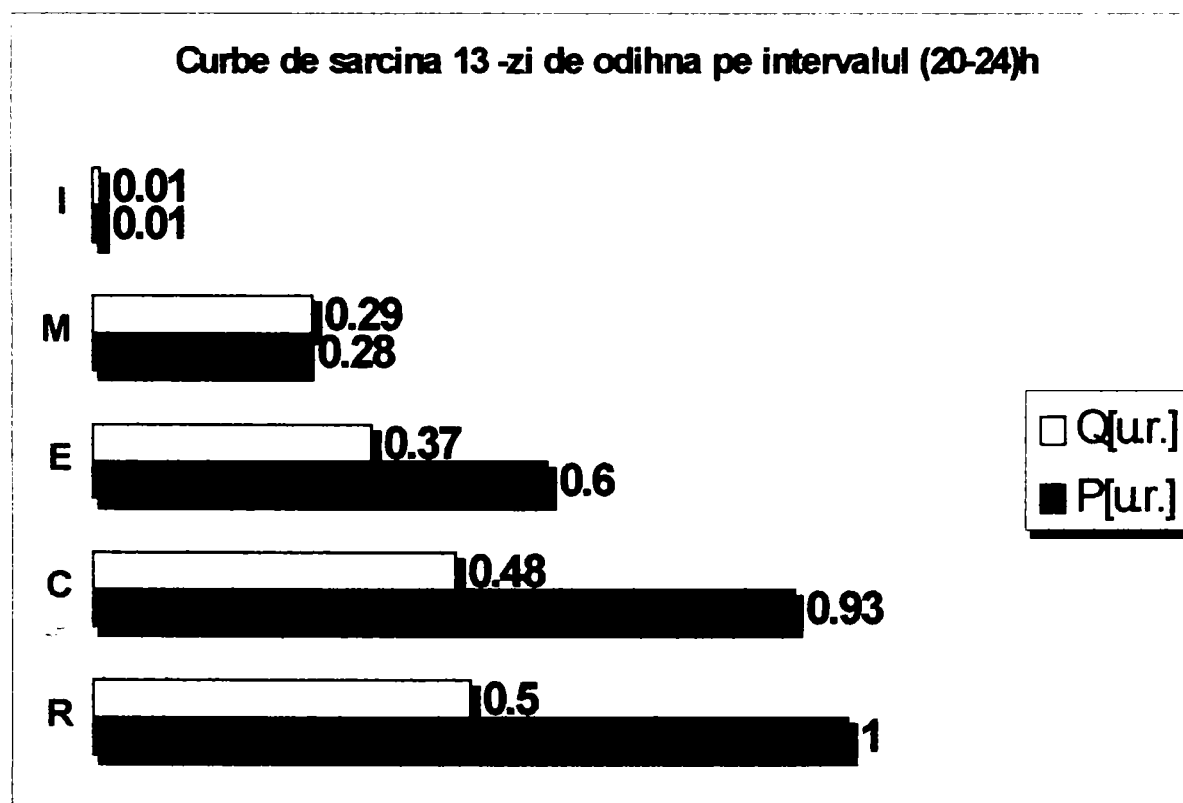
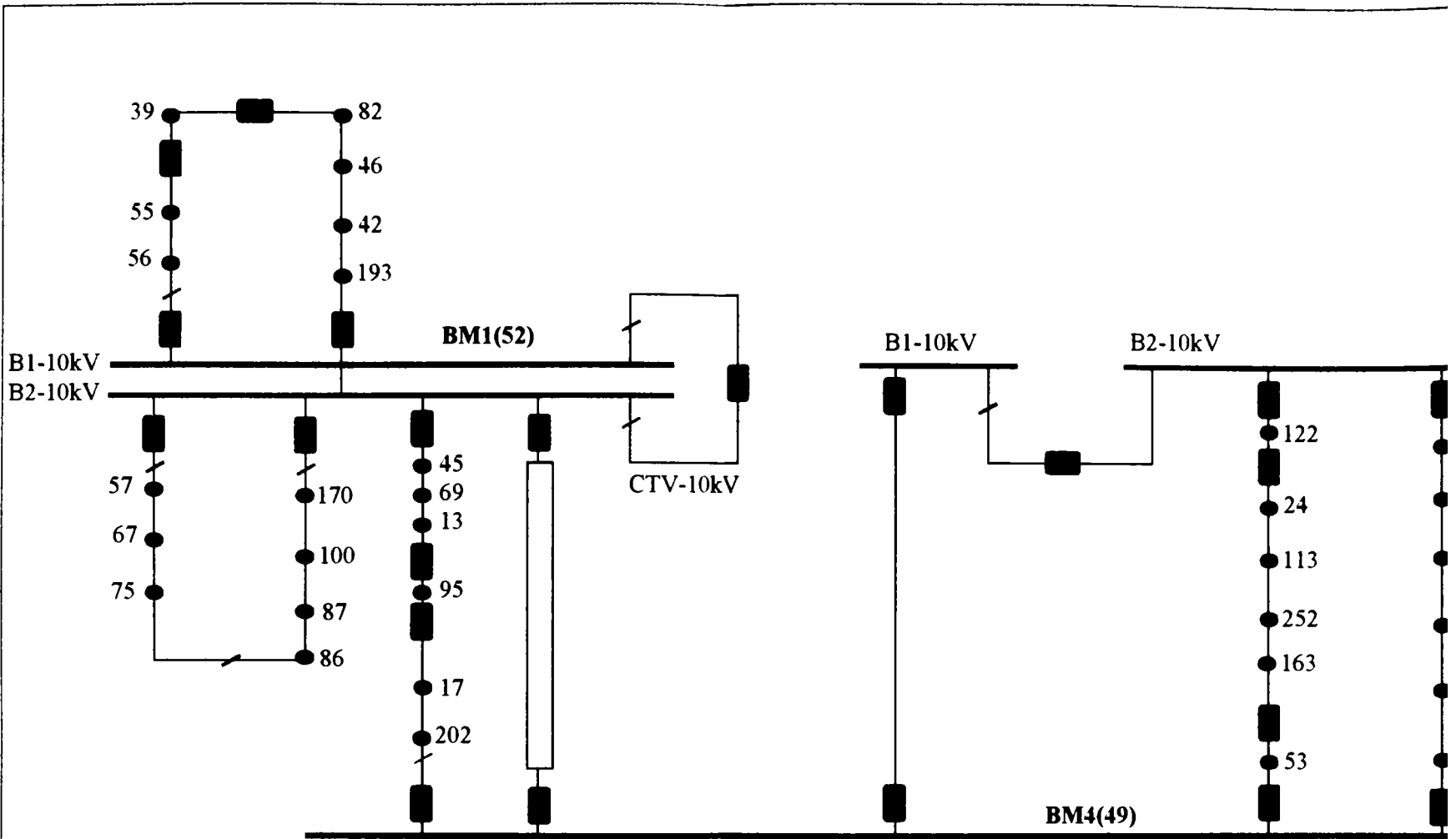
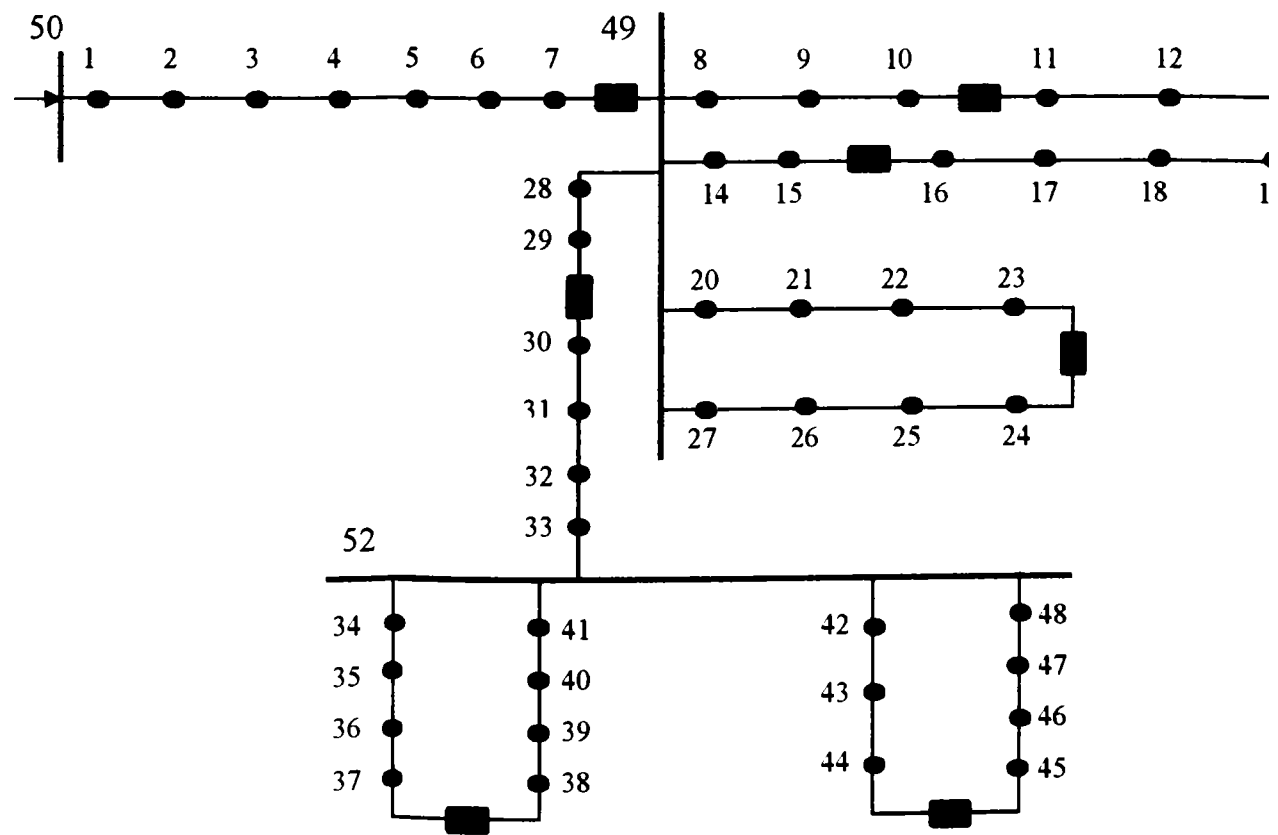


Fig. 12 Puterea activă și reactivă în u.r. - zi de odihnă pe intervalul orar 20-24

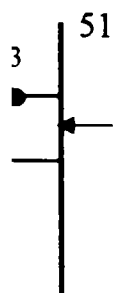
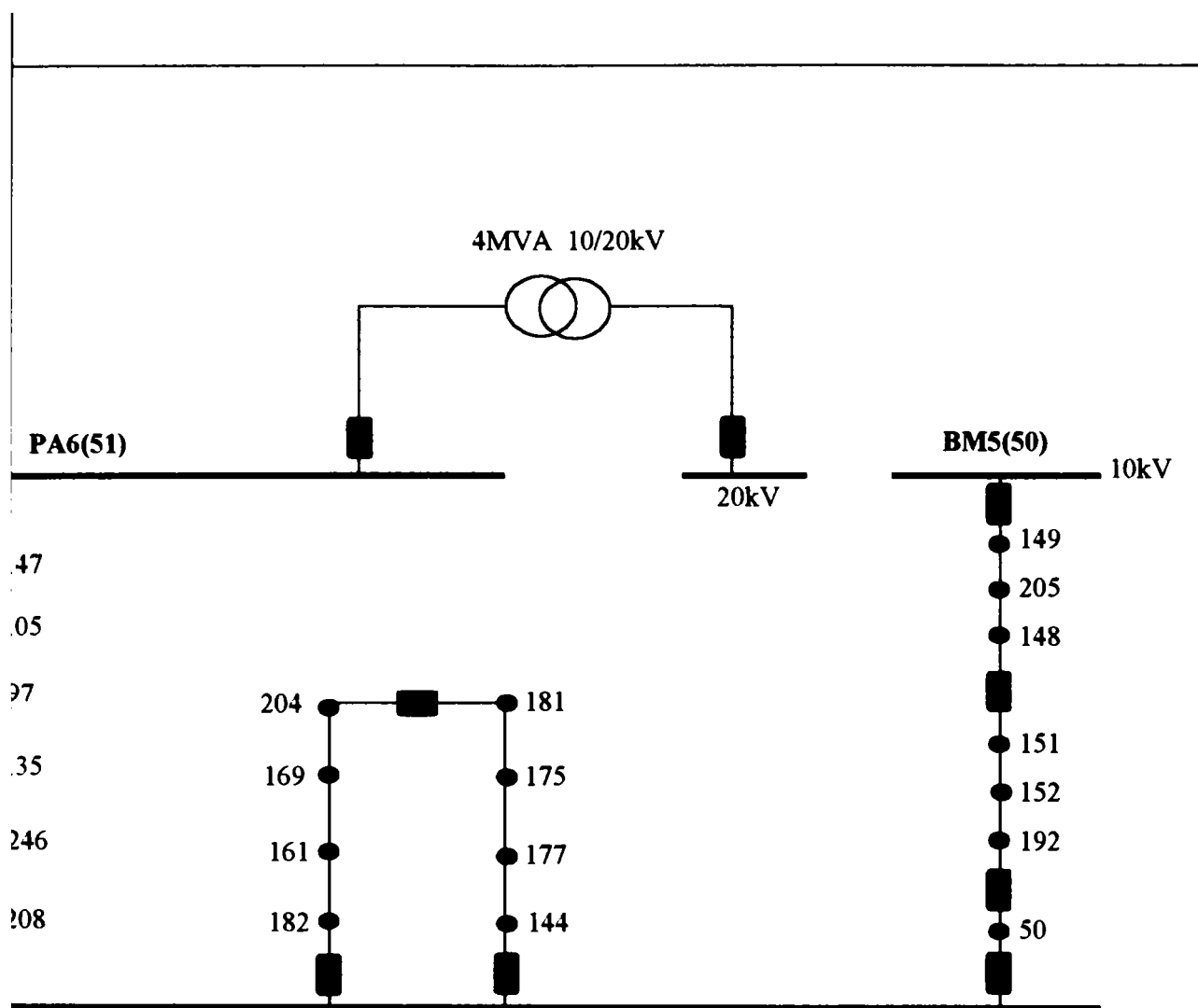




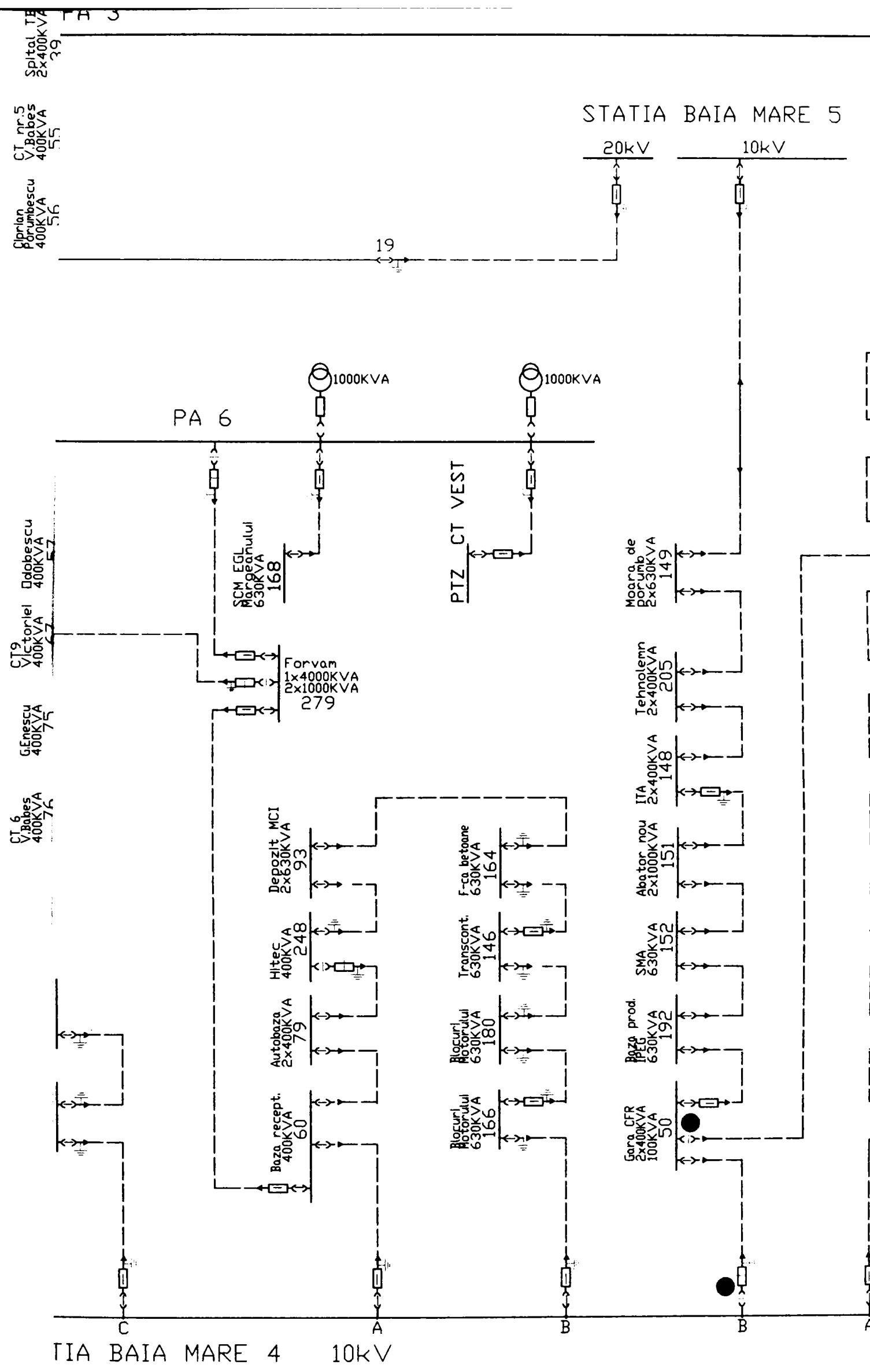
Schema de distribuție urbană inițială

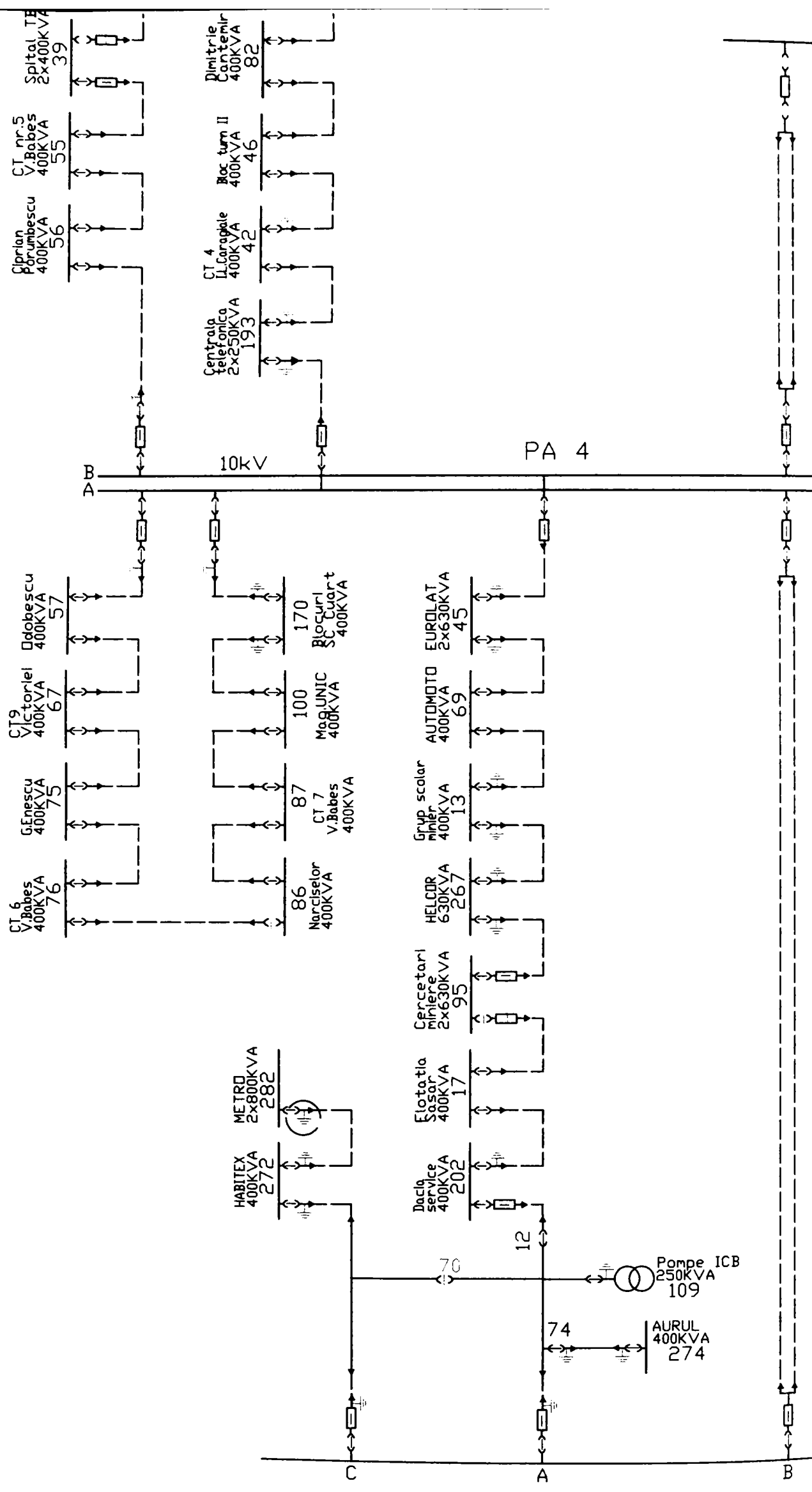


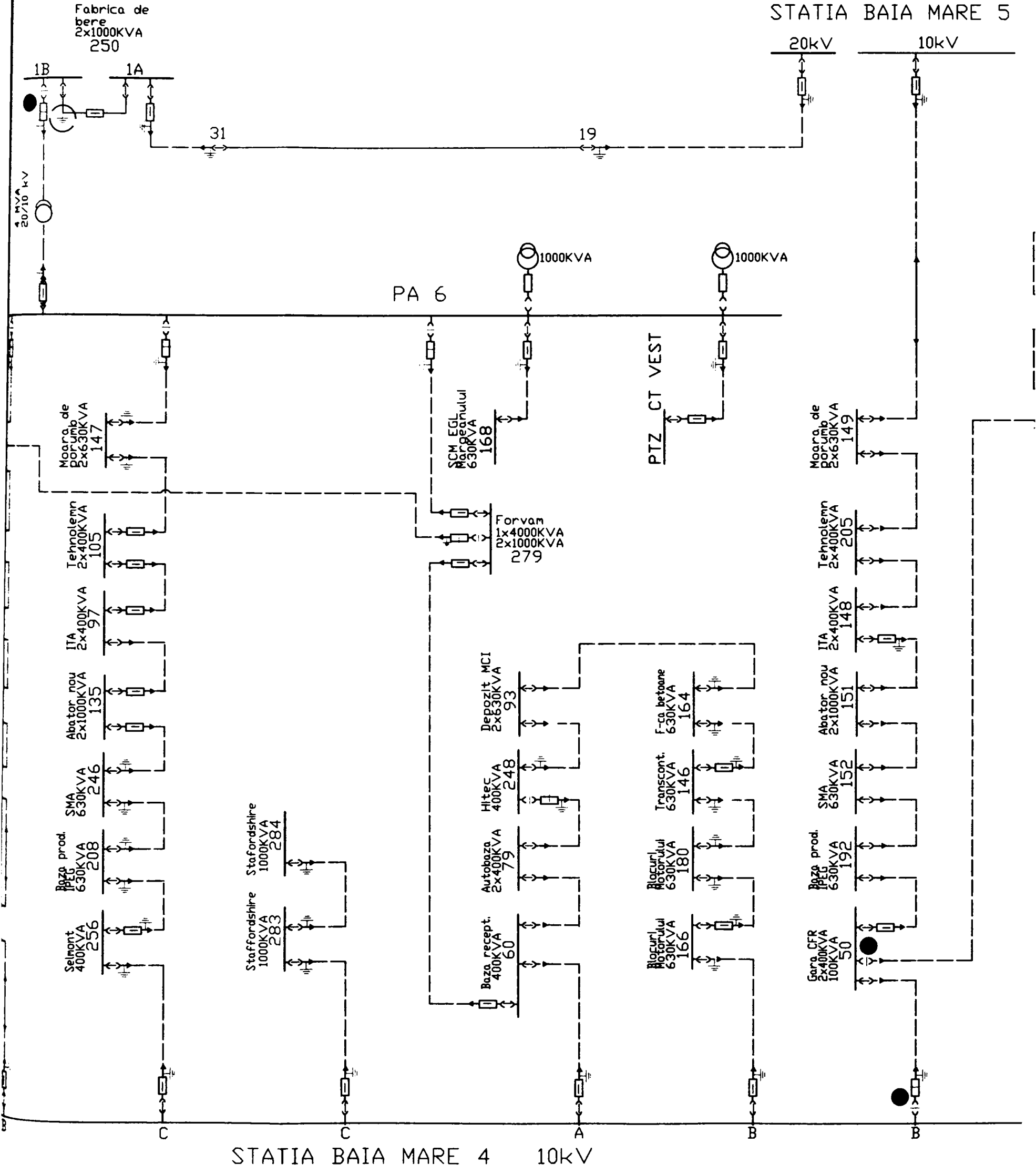
Schema de distribuție urbană simplificată



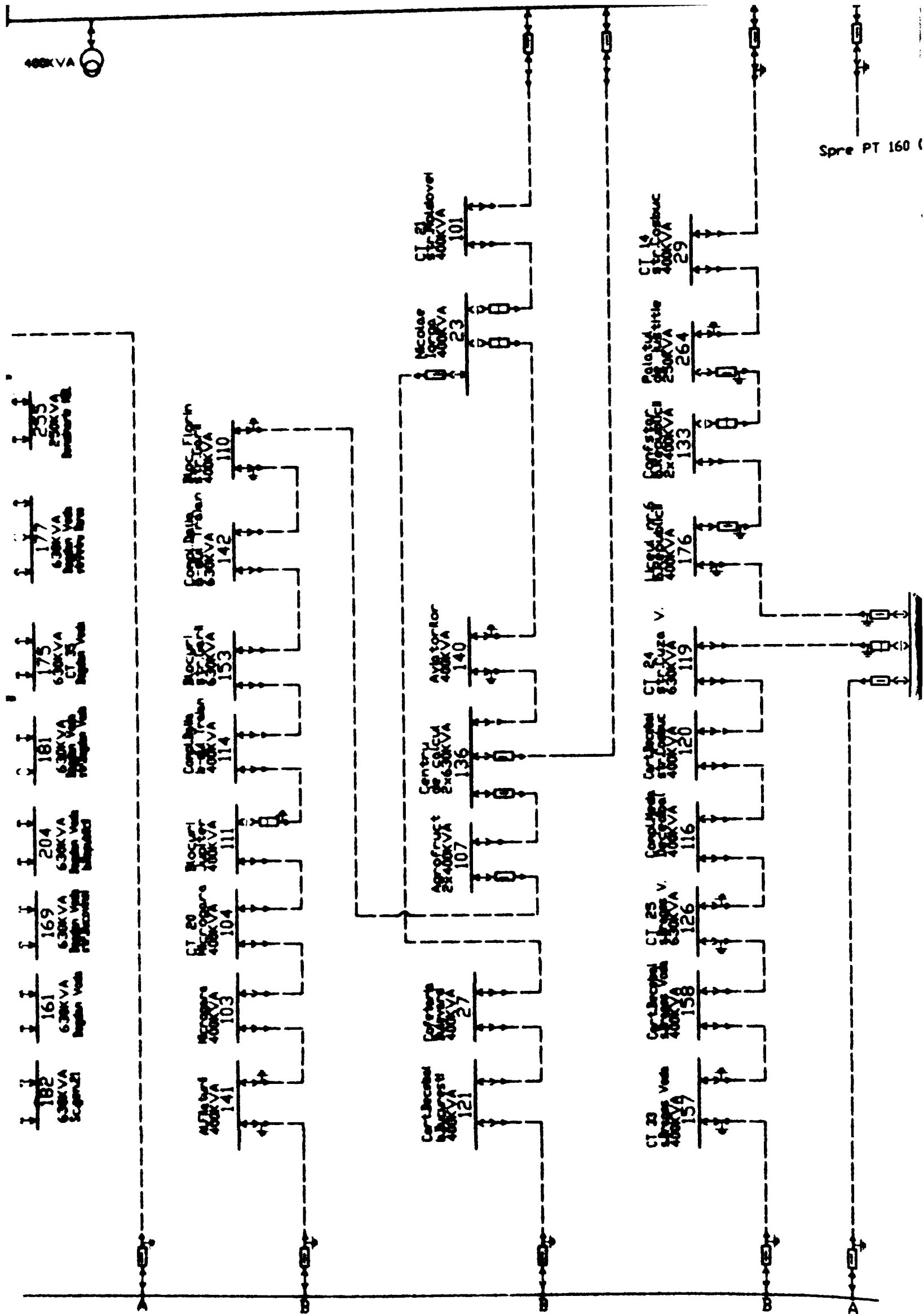
- Legendă**
- - întrerupător deschis
  - - întrerupător închis
  - ↗ - separator deschis
  - ↘ - separator închis
  - - post de transformare











**Legenda**  
 — LEA 10kV  
 --- LES 10kV  
 — LEA 20kV  
 --- LES 20kV

Baia Mare 4 - PA3 - PA4 - PA6 <b>zona 10 kV</b>				Plan <b>U1</b>
DFEE BAIA MARE Compartiment DISPECERI		<b>Functionia</b>	<b>Numele</b>	<b>Semnatura</b>
	<b>Avizat</b>			
	<b>Aprobat</b>			
	<b>Intocmit</b>			