

PLANIFICAREA EXTINDERII REȚELELOR ELECTRICE DE DISTRIBUȚIE

Energia este o preocupare esențială a societății și reprezintă baza dezvoltării economice a oricărui stat sau uniune de state. România ca stat membru al Uniunii Europene (UE) este datoră a se alinia tendințelor economice și politice ale acestei alianțe. În urma aderării, România se află de aproape un deceniu într-o schimbare continuă a infrastructurii energetice pentru a corespunde cerințelor legate de: liberalizarea pieței de energie, producerea energiei electrice cu emisii poluante minime, promovarea surselor regenerabile de energie (SRE), securitatea alimentării consumatorilor și asigurarea raporturilor de import/export a energiei cu statele UE și non-UE.

Conceptului de energie electrică ca o marfă a condus la restructurarea sistemului energetic și la apariția unei piețe de energie descentralizate. Începând cu anul 2000, în România au apărut o serie de entități separate și specializate pe câte un aspect al lanțului tradițional de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice. Piața liberă de energie electrică a condus la modificări fundamentale în ierarhia tradițională de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice. Gradul de deschidere al acestei piețe este de 100% odată cu adoptarea H.G. 638/2007. În consecință, au apărut diferiți producători de energie electrică, inclusiv independenți (fără intervenția statului), firme privatizate de distribuție a energiei electrice și cele mai diverse categorii de consumatori. În ceea ce privește transportul energiei electrice și operarea sistemului electroenergetic (SEE), a luat naștere conceptul de operator de transport și sistem (OTS). Infrastructura acestei piețe este reprezentată de rețeaua electrică de transport (RET). Operatorul de transport și sistem este obligat să pună această infrastructură la dispoziția oricărui participant la piața de energie electrică. S-a format astfel, o bursă a energiei electrice care funcționează după regulile economiei de piață, și la care se remarcă participarea unui număr din ce în ce mai mare de producători și consumatori. Liberalizarea pieței de energie electrică a condus la formarea unei burse care funcționează după regulile economiei de piață, și la care se remarcă participarea unui număr din ce în ce mai mare de producători și consumatori de energie electrică.

În cadrul unei economii centralizate, studiile de planificare a extinderii sistemelor de transport și a celor de distribuție a energiei electrice se efectuau dispunând de un nivel de certitudine relativ ridicat cu toate datele de intrare (consum, producție, schimburi internaționale de energie electrică).

În ceea ce privește planificarea extinderii rețelilor de distribuție a energiei electrice, în condițiile pieței libere de energie, aceasta trebuie să asigure maximizarea profitului cu investiții minime. De asemenea, apar anumite dificultăți: sistemul nu mai poate fi considerat izolat, deoarece interconexiunile influențează puternic piața de energie; caracterul surselor este foarte variat și consumatorii pot alege între acestea; posibilitățile de obținere a informațiilor relevante de la diverșii participanți la piață sunt limitate.

Conform Codului Tehnic al Rețelei Electrice de Distribuție, planificarea extinderii rețelei electrice de distribuție intră în atribuțiile operatorului de distribuție. Acesta este obligat să conceapă un plan de perspectivă pentru fiecare 5 până la 10 ani succesivi [CodRED]. Planul de perspectivă al dezvoltării trebuie să prevadă: distribuția întregii cantități necesare de energie electrică pentru acoperirea consumului

de energie în zona prevăzută, corelarea acțiunilor între operatorul de distribuție (OD) și restul participanților la piață, corelarea acțiunilor OD cu prevederile planului de dezvoltare în perspectivă al RET, evacuarea puterii din instalațiile producătorilor, inclusiv din instalațiile locale de producere distribuită.

Datele de intrare folosite de OD sunt [CodRED]:

- prognoza consumului, pe o perioadă de minimum 5 ani, pusă la dispoziție anual de către furnizori și consumatori;
- prognozele de producție de energie electrică ale producătorilor existenți (maximum 10 ani);
- prognozele de producție și de consum de energie electrică ale altor utilizatori RED existenți și viitori (maximum 10 ani);
- nivelul de siguranță care trebuie asigurat în funcționarea SEN în ansamblu și pe fiecare nod, conform normelor în vigoare;
- strategia dezvoltării infrastructurii sistemului de telecomunicații.

Pentru a putea crea un plan de perspectivă, care să satisfacă cerințele utilizatorilor, cu identificarea riscurilor și a incertitudinilor, este evidentă necesitatea unui contact permanent între OD și mulțimea utilizatori ai rețelei (operatorul de transport, producători, consumatori ș.a.).

Rolul planificării extinderii este de a asigura dezvoltarea RED astfel încât aceasta să fie corespunzător dimensionată pentru distribuția de energie electrică prognoată a fi produsă, transportată și distribuită în condiții de siguranță a sistemului electroenergetic în ansamblu.

Apariția și dezvoltarea impetuoasă a surselor regenerabile de energie, racordate local la rețeaua de distribuție a energiei electrice, adaugă o serie de noi valențe planificării dezvoltării RED. Fiind vorba de puteri de ordinul megawaților, apar o serie de situații în care se inversează fluxurile de putere, în care apar sensuri diferite de circulație pentru puterea activă și cea reactivă.

În acest context, tematica tezei de doctorat se încadrează în preocupările actuale din domeniul managementului sistemelor electroenergetice, al planificării pe termen mediu și lung a dezvoltării rețelei de distribuție al energiei electrice. Teza are ca obiectiv principal elaborarea unor metode practice, dar riguros fundamentate din punct de vedere științific, de planificare a extinderii optime a RED, folosind tehnici de inteligență artificială, la modul general, respectiv tehnici de calcul evolutiv, mai precis Algoritmi Genetici (AG). Metodele de analiză utilizate sunt finalizate prin tehnici originale de soluționare, implementate în instrumente soft care utilizează la maxim posibilitățile oferite de mediile de programare și de sistemele informatice actuale.

Aplicațiile concrete se referă atât la sisteme test elaborate la Departamentul de Electroenergetică (Test 13), sisteme test IEEE consacrate (IEEE 30, IEEE 33), cât și la un sistem real de mari dimensiuni denumit generic Enel Timișoara – o zonă consistentă din cadrul rețelei deservite de Enel Distribuție Banat.

Teza de doctorat, extinsă pe 220 de pagini, este structurată pe 8 capitole, prefață, 4 anexe și o listă bibliografică, conținând un număr de 57 figuri, scheme, histograme și 67 tabele. Lista bibliografică cuprinde 168 de titluri, semnalându-se prezența unor lucrări reprezentative, atât cele considerate deja clasice, cât și cele de dată relativ recentă, apărute în țară sau în reviste de prestigiu din străinătate.

Capitolul 1 are un caracter introductiv. El cuprinde încadrarea și justificarea tematicii care constituie obiectul tezei de doctorat, în contextul stadiului actual al evoluției sistemelor electroenergetice, al rețelelor de distribuție a energiei electrice și al preocupărilor existente pe plan mondial și la noi în țară, și continuă prin prezentarea succintă a conținutului fiecărui capitol al tezei. În încheierea capitolului se evidențiază atât modul de valorificare a cercetărilor efectuate în cadrul elaborării tezei de doctorat

(publicații, contracte de cercetare științifică, instrumente soft), cât și perspectivele privind direcțiile ulterioare de cercetare.

Se menționează faptul că fiecare dintre capitole cuprinde un subcapitol final, care, alături de evidențierea concluziilor și a contribuțiilor originale, deschide calea pentru cele care urmează.

Capitolul 2 prezintă stadiul actual de evoluție a sectorului energetic în general, respectiv al celui electroenergetic în particular. Prima parte cuprinde o prezentare generală a problemelor actuale din sectorul energetic și principalele aspecte legate de situația energetică a Uniunii Europene (UE). Este trecut în revistă stadiul evoluției sistemului electroenergetic european: elaborarea unei politici comune în acest domeniu și a instrumentelor de implementare, adaptarea legislației comunitare, evoluția pieței de energie, influența asupra altor sectoare și impactul asupra mediului, cât și efectele extinderii UE în ultimul deceniu. Piața unică europeană de energie electrică a devenit o realitate care implică o dezvoltare și o extindere corespunzătoare a SEE european, a rețelilor de transport și de distribuție a energiei electrice.

În a doua parte sunt descrise strategia și politica actuală a României în sectorul energetic și evoluția sistemului electroenergetic național (SEN). Este prezentat stadiul actual al dezvoltării SEN, cu o atenție specială pentru rețeaua de distribuție al energiei electrice (RED), și perspectivele, mai mult sau mai puțin certe, ale evoluției sale viitoare (în viziunea operatorilor de distribuție).

Analiza situației actuale a RED evidențiază două aspecte cel puțin contradictorii: capacitatea de distribuție a energiei electrice acoperă practic cerințele actuale de consum, dar majoritatea liniilor și stațiilor electrice sunt sau se apropie de limita duratei normale de funcționare, fiind realizate la nivelul tehnic și tehnologic al anilor '60-'80. Este de remarcat însă că starea tehnică reală a instalațiilor se menține la un nivel corespunzător ca urmare a faptului că se desfășoară un program riguros de mentenanță și că s-a impus un program susținut de retehnologizare și modernizare a instalațiilor și echipamentelor.

Strategiile de extindere a RED trebuie să țină cont de o serie de aspecte legate de dezvoltarea durabilă și de mediu (în concordanță cu normele și politica UE în acest domeniu). Concluziile acestui capitol reliefează necesitatea unei viziuni coerente asupra planificării extinderii RED, care să aibă la bază o abordare riguroasă, cu considerarea tuturor aspectelor menționate și a unei game largi de scenarii posibile, inclusiv cele care înglobează și noile surse regenerabile.

Obiectivul capitolului 3 constă în prezentarea sistematizată a metodelor actuale de soluționare a planificării extinderii optime a rețelilor de distribuție a energiei electrice din cadrul sistemelor electroenergetice complexe. Este de menționat faptul că problema în discuție este o problemă de optimizare de mari dimensiuni, neliniară (sau liniarizată), de regulă cu variabile atât reale, cât și întregi. Funcția obiectiv are în vedere în principal cheltuielile de investiții, la care se pot adăuga cheltuielile de funcționare, cele legate de penalizarea congestiilor și a nealimentării consumatorilor, elemente care să înglobeze aspecte legate de siguranța în funcționare, de capacitatea disponibilă de transfer, de impactul asupra mediului, de rata de amortizare a investițiilor etc. Relațiile de restricție acoperă o gamă largă de aspecte, în principal tehnice și economice.

Metodele de soluționare sunt sistematizate în două mari categorii:

- metode matematice de optimizare (programare liniară, programare liniară cu numere întregi și mixtă, programare neliniară, programare dinamică etc.) și metode euristice
- meta-euristice de optimizare (algoritmi euristici constructivi, metode de tip Tabu Search și Simulated Annealing, algoritmi evolutivi, algoritmi genetici, metode

de tip "roi", metoda coloniilor de furnici, sisteme expert, metode de tip „branch exchange” etc.).

Există și posibilitatea utilizării unor tehnici hibride, rezultate prin combinarea a două sau mai multe metode.

Se remarcă suplimentar faptul că abordarea poate fi statică (pentru un anumit orizont de timp se determină doar soluția finală de extindere) sau dinamică (pe lângă soluția finală în sine se determină momentele discrete de timp la care trebuie să se realizeze elementele componente ale soluției de extindere) discretă, cu orizont finit, prospectivă sau retrospectivă.

Capitolul 4 are ca obiectiv prezentarea tehnicilor de inteligență artificială, în scopul alegerii celei care se va utiliza efectiv pentru planificarea extinderii rețelelor electrice de distribuție. În primul subcapitol se prezintă o sinteză a evoluției algoritmilor de tip roi (Particle Swarm Optimization – PSO) și a particularităților acestora, precum și modelele matematice aferente. Al doilea subcapitol se referă la Algoritmii Genetici (AG), prin prisma încadrării lor în calculul evolutiv, a prezentării aspectelor teoretice și elementelor practice de implementare.

În prima parte a capitolului sunt prezentate în detaliu o serie de particularități ale PSO, împreună cu toate elementele caracteristice și parametrii specifici. Fiecare parametru al PSO este tratat în detaliu, reliefându-se modalitatea prin care acesta influențează convergența. Sunt trecute în revistă toate particularitățile algoritmului clasic (standard PSO) și ale altor variante.

Partea a doua a capitolului este dedicată prezentării algoritmilor genetici și a modelelor matematice aferente, ca metode din clasa algoritmilor evolutivi. Se prezintă noțiunile de bază cu care operează algoritmii evolutivi și stabilește încadrarea AG în această categorie. În continuare sunt prezentate conceptele de bază legate de AG codificați cu valori binare, respectiv cele legate de variante de AG care folosesc variabile reale. Se definesc în acest context noțiunile de cromozom și populație, apoi se discută despre evaluarea populației, metodele de selecție, metodele de recombinare, tipurile de mutație, noțiunea de elitism și criteriile de terminare a calculelor. Scopul final îl reprezintă implementarea cu succes a acestor tehnici de optimizare pentru rezolvarea unor probleme din domeniul ingineriei sistemelor electroenergetice (optimizarea regimurilor de funcționare, planificarea extinderii RED).

Capitolul 5 are ca obiectiv elaborarea modelului matematic aferent planificării extinderii rețelelor complexe de distribuție a energiei electrice. Prima parte a capitolului tratează versiunea "clasică", bazată pe modelarea matematică (în sensul prezentat în capitolul 3). Având în vedere că toate analizele se bazează pe un calcul complet de circulație de puteri în c.a., se prezintă modelul matematic al analizei regimului permanent normal și cel al optimizării funcționării momentane a sistemelor electroenergetice complexe (care pot cuprinde doar rețeaua de transport, rețeaua de transport și rețeaua de distribuție sau exclusiv rețeaua de distribuție). Apoi se trece la introducerea elementelor specifice legate de planificarea extinderii sistemelor complexe de distribuție a energiei electrice. Se utilizează un model euristic de căutare ordonată în domeniul soluțiilor, semidynamic retrospectiv, maniera de definire a funcției obiectiv ținând cont de caracterul multicriterial al problemei de optimizare. Funcția obiectiv cuprinde atât costul investițiilor legate de realizarea noilor capacități, cât și cheltuielile de exploatare, precum și câte o componentă legată de siguranța în funcționare, respectiv de capacitatea disponibilă față de limita maximă de încărcare (evident, scalate corespunzător). Partea a doua a capitolului soluționează problema discutată folosind tehnici de inteligență artificială, în speță algoritmii genetici prezentați în capitolul 4. Pe baza experienței anterioare [Cristian2013a], [Solomonesc2013],

aplicarea tehnicilor de calcul evolutiv vizează doar metoda propriu-zisă de extindere (se utilizează un algoritm genetic binar), respectiv optimizarea regimului de funcționare (se utilizează un algoritm genetic cu variabile reale). Calculul circulației de puteri se realizează în manieră "clasică", utilizând un algoritm Newton complet (fără "decuplare") [Kilyeni2010].

Capitolul 6 are ca obiectiv prezentarea instrumentelor software utilizate pentru studiile de extindere a rețelelor de distribuție complexe. Este vorba de două programe de calcul: cel care soluționează optimizarea circulației de puteri în rețelele de distribuție complexe, respectiv cel care rezolvă problema planificării extinderii sistemelor de distribuție a energiei electrice. Programele de calcul au la bază instrumentele soft prezentate în [Solomonesc2013] și [Cristian2013a], la care s-au adus modificările necesare legate de specificul rețelelor de distribuție a energiei electrice și de studiile de reconfigurare.

Instrumentele soft utilizează mediul de lucru oferit de pachetul Matlab® 2012. Interfețele grafice permit compatibilizarea la nivel de bază de date cu pachetul de programe PowerWorld® 17 (soft de firmă cu licență) [PowerWorld], Power (elaborat la Departamentul de Electroenergetică) [Kilyeni2010] și MatPower4.1 (software academic) [MatPower]. Toate programele de calcul permit configurarea parametrilor algoritmului genetic și alegerea opțiunilor specifice problemei, unde este cazul.

Capitolul 7 constituie principala parte aplicativă a lucrării. Se prezintă rezultatele obținute prin implementarea tehnicilor de optimizare bazate pe inteligență artificială (algoritmi genetici) în soluționarea planificării extinderii optime a rețelelor de distribuție a energiei electrice. Elementele teoretice care au constituit obiectul capitolelor anterioare, metodologiile de calcul elaborate și instrumentele soft aferente au fost aplicate și utilizate la soluționarea extinderii optime pentru o gamă largă de sisteme de distribuție. S-a pornit de la sisteme test de mici dimensiuni elaborate la Departamentul de Electroenergetică al Universității Politehnica Timișoara (Test 13) [Kilyeni1988a], [Tanase2009] și rețele test IEEE consacrate (IEEE30, IEEE33, IEEE37, IEEE123) [Civanlar1985], [Hu2003], [Wu2010], [Ulinuha2011], [Zhang2011], ca apoi să se treacă la rețele de distribuție reale, de mari dimensiuni, din cadrul Enel Distribuție Banat, Enel Distribuție Dobrogea și Electrica Muntenia Nord [UPT2013], [UPT2013a], [UPT2013b], [UPT2013c], [UPT2013d], [UPT2013e], [UPT2014]. Din motive de "spațiu", pentru prezentarea în cadrul tezei de doctorat au fost selectate trei rețele de distribuție test și un sistem de distribuție real de mari dimensiuni.

Prima parte a capitolului prezintă rezultatele obținute pentru rețelele Test 13, IEEE30 și IEEE33 (în ordinea complexității), în condițiile unor scenarii fictive de extindere. A doua parte este dedicată sistemului de distribuție real – o zonă consistentă din cadrul rețelei deservite de Enel Distribuție Banat.

Pentru fiecare RED sunt prezentate atât topologia și parametrii elementelor de rețea, cât și rezultatele circulației de puteri pentru regimurile de bază. Studiile de extindere au la bază o prognoză a consumului pentru perioada luată în considerare și evoluția resurselor regenerabile de energie în zonă. Pe lângă soluția optimă de extindere, sunt prezentate și alte variante posibile, rezultate în procesul de optimizare sau pe baza analizei soluției optime. Se discută și influența surselor regenerabile asupra soluției de extindere, în scopul găsirii unui compromis rezonabil. Studiile de extindere realizate pentru rețeaua funcționând buclat sunt urmate de analize de reconfigurare, în scopul stabilirii punctelor optime de secționare (dintre cele posibile).

Concluziile rezultate pe parcursul acestui capitol, referitoare la extinderea RED, sunt de o deosebită utilitate atât pentru OD, la modul general, cât și pentru Enel Distribuție Banat, în particular.

Ultimul capitol (Capitolul 8) cuprinde concluziile generale ale tezei și prezentarea sistematizată a contribuțiilor originale ale autorului, precum și reliefaarea direcțiilor și perspectivelor oferite de lucrarea de față pentru continuarea cercetărilor și aplicarea rezultatelor și a experienței obținute. Metodologiile și programele de calcul elaborate sunt de aplicabilitate generală, oferind un instrument eficient operatorilor de distribuție a energiei electrice, precum și altor entități specializate, cu preocupări în domeniul planificării extinderii RED.

Elementele teoretice și practice prezentate în cadrul tezei de doctorat evidențiază următoarele concluzii cu caracter mai general:

- Pe baza analizei evoluției sectorului energetic, al SEE și al RED, cu referire și la cazul României, se pot afirma următoarele:
 - se evidențiază tendințe complexe, uneori chiar contradictorii, astfel se remarcă influența puternică asupra altor sectoare de activitate și corelarea cu dezvoltarea durabilă și problemele de mediu;
 - piața unică europeană de energie electrică a devenit o realitate, care implică o dezvoltare și extindere corespunzătoare a SEE european, a rețelei continentale de transport al energiei electrice, a rețelelor de distribuție a energiei electrice;
 - planificarea extinderii optime a RED constituie o sarcină extrem de dificilă și de mare răspundere, mai ales dacă se ține cont de costul investițiilor în acest domeniu, de efectele pe termen lung și de implicațiile legate de protecția mediului;
 - capacitatea de producere, de transport și de distribuție a energiei electrice acoperă practic cerințele actuale de consum, dar majoritatea liniilor și stațiilor electrice sunt sau se apropie de limita duratei normale de funcționare, acestea fiind concepute și realizate la nivelul tehnic și tehnologic al anilor '60-'80;
 - starea tehnică reală a instalațiilor se menține la un nivel corespunzător ca urmare a faptului că se desfășoară un program riguros de mentenanță și rețehnologizare a instalațiilor și echipamentelor;
 - prognoza consumului acoperă o plajă largă de valori, cu diferențe mari între valorile "pesimiste" și cele "optimiste";
 - strategiile de extindere a RED trebuie să țină cont de aceste aspecte, precum și de cele legate de dezvoltarea durabilă și de mediu.
- Practicile și mecanismele aferente planificării extinderii RED, la nivel internațional, respectiv național, conduc la următoarele concluzii:
 - în ultima perioadă, marea majoritate a metodelor consideră planificarea extinderii RED complexe ca o problemă de optimizare, de regulă multicriterială;
 - în cadrul metodelor studiate se remarcă și utilizarea unor tehnici euristice de căutare în domeniul soluțiilor fezabile, dar și a unor algoritmi utilizând tehnicile specifice inteligenței artificiale;
 - se observă o utilizare din ce în ce mai răspândită a tehnicilor de calcul bazate pe inteligență artificială pentru diverse probleme de inginerie în general și probleme de energetică în particular;
 - se subliniază elementele specifice de abordare a problemei extinderii în condițiile actuale ale dereglementării și ale pieței libere de energie, al cerințelor sporite de mediu și de dezvoltare durabilă, al implementării pe scară din ce în ce mai largă a surselor regenerabile de energie distribuite.
- Elaborarea modelului matematic destinat planificării extinderii RED a condus la următoarele concluzii:
 - s-a definitivat modelul matematic al optimizării funcționării momentane a SEE complexe (OPF) și algoritmul de soluționare aferent utilizând tehnici de calcul evolutiv, ca instrument de analiză utilizat în studiile de extindere a RED;

- în ceea ce privește planificarea extinderii RED s-a elaborat un model de căutare în domeniul soluțiilor bazat pe aplicarea AG, semi-dinamic retrospectiv;
 - maniera de definire a FOB trebuie să țină cont de caracterul multicriterial al problemei de optimizare: la costul anual al funcționării SEE se adaugă și costul investițiilor legate de realizarea noilor capacități de distribuție a energiei electrice, elemente de siguranță în funcționare și capacitatea totală de transfer disponibilă (evident, "aduse la numitor comun");
 - studiile de extindere a RED, realizate pentru rețeaua funcționând buclat, Trebuie să fie urmate de analize de "reconfigurare", în scopul stabilirii punctelor optime de secționare (dintre cele posibile).
- Din punct de vedere al instrumentele soft dezvoltate pentru scopul propus, se pot evidenția următoarele concluzii:
- în literatura de specialitate se remarcă utilizarea preponderentă a planificării extinderii RED calculând circulația de puteri în curent continuu, ceea ce înseamnă ipoteze simplificatoare foarte "dure", care, în anumite situații, pot să conducă la rezultate nerealiste, eronate;
 - în condițiile actuale ale performanțelor sistemelor informatice, a mediilor de programare și sistemelor de operare, implementarea modelului complet al circulației de puteri trebuie să devină o practică comună;
 - este necesară adaptarea instrumentelor soft la elementele specifice legate de parametrii RED, în special raportul R/X, de lungimea relativ redusă a liniilor electrice și de funcționarea cu schemă normală debuclată, radială ramificată;
 - studiile de caz din literatura de specialitate se referă, în marea lor majoritate, la sisteme test, mai mult sau mai puțin consacrate, de dimensiuni reduse;
 - toate instrumentele soft elaborate sunt destinate RED reale, de mari dimensiuni; de altfel majoritatea spațiului destinat prezentării studiilor de caz este rezervat sistemului de distribuție Enel Timișoara.
- În continuare se prezintă sinteza principalelor contribuții originale, teoretice și aplicative, cuprinse în cadrul tezei de doctorat.
- În cadrul capitolului 2 pot fi enumerate următoarele contribuții:
- realizarea unei sinteze documentate, în viziunea proprie a autorului, asupra stadiului actual al evoluției sectorului energetic, al pieței de energie și al SEE;
 - prezentarea într-o manieră proprie, graduală, a evoluției pieței de energie în UE, a legislației europene în domeniu energetic, a cerințelor impuse prin dezvoltarea durabilă și protecția mediului;
 - reliefaarea necesității unei viziuni coerente asupra planificării extinderii RED, care să aibă la bază o abordare riguroasă, luând în considerare toate aspectele de interes tehnic și economic menționate;
 - prezentarea, într-o manieră sintetică, a unei game largi de aspecte legate de situația actuală și evoluția viitoare a SEN, în principal a rețelei de distribuție al energiei electrice, sursele de informații fiind cele "oficiale", furnizate în mare parte de Operatorii de Distribuție;
 - prezentarea sistematizată a evoluției cadrului legal actual în domeniu, în concordanță cu legislația comunitară corespunzătoare;
 - evidențierea necesității unei strategii coerente asupra planificării extinderii RED, care să aibă la bază o abordare riguroasă, luând în considerare toate aspectele de interes tehnic și economic menționate, ținând cont în același timp de o gamă largă de scenarii posibile, de la cele mai pesimiste până la cele mai optimiste.
- Capitolului 3 subliniază următoarele contribuții:
- realizarea unei sinteze documentate, în viziune proprie, bazată pe un amplu studiu bibliografic, a metodelor utilizate pentru planificarea extinderii RED, atât

- cele care la ora actuală pot fi considerate "clasice", cât și a celor "moderne", utilizând tehnici specifice inteligenței artificiale;
- focalizarea unei atenții speciale asupra metodelor de soluționare bazate pe tehnici de inteligență artificială;
 - pregătirea elementelor pentru capitolele următoare, care se referă la metodele concrete utilizate în lucrare și la studiile de caz realizate, inclusiv recomandarea de a utiliza un calcul complet de circulație de puteri în c.c.
- Contribuțiile aduse în capitolul 4 sunt următoarele:
- realizarea unei sinteze originale asupra algoritmilor de optimizare de tip roi, ca o categorie distinctă de algoritmi evolutivi;
 - realizarea unei sinteze originale asupra algoritmilor genetici;
 - sistematizarea modelului matematic pentru algoritmi de tip PSO,
 - sistematizarea modelului matematic pentru algoritmi genetici;
 - verificarea algoritmilor pentru rețele de distribuție test, concluzia finală fiind recomandarea de a utiliza în cele ce urmează algoritmi genetici (similară cu cea obținută prin compararea rezultatelor obținute în [Cristian2013a], [Solomonesc 2013], referitoare la RET).
- Contribuțiile aduse în capitolul 5 sunt următoarele:
- prezentarea în detaliu a modelului matematic și a metodei de soluționare numerică a circulației de puteri, cu o serie de detalii practice utile pentru implementare;
 - realizarea unei sinteze a modelelor matematice corespunzătoare optimizării regimului permanent normal, cu reliefaarea volumului foarte mare de calcule în cazul soluționării complete a problemei de programare neliniară corespunzătoare, utilizând tehnici clasice de optimizare;
 - prezentarea unui model euristic de căutare ordonată în domeniul soluțiilor, semidynamic retrospectiv, pentru rezolvarea planificării extinderii rețelelor de distribuție a energiei electrice;
 - elaborarea unei metode simple, dar robuste, de reconfigurarea a RED, în scopul obținerii soluțiilor optime practice debuclate (radiale ramificate);
 - considerarea unei funcții obiectiv care ține cont de caracterul multicriterial al problemei de optimizare;
 - adaptarea modelului matematic de optimizare a circulației de puteri cerințelor impuse de aplicarea unei tehnici de soluționare bazate pe algoritmi genetici;
 - utilizarea unor algoritmi genetici pentru rezolvarea planificării extinderii rețelelor de distribuție a energiei electrice.
- Capitolul 6 subliniază următoarele aspecte principale:
- adaptarea instrumentelor soft pentru optimizarea regimului permanent normal și pentru planificarea extinderii optime a rețelelor de distribuție a energiei electrice utilizând algoritmi genetici, cu luarea în considerare a elementelor specifice legate de parametri, în special raportul R/X, de lungimea relativ redusă a liniilor electrice și de funcționarea cu schemă normală debuclată, radială ramificată;
 - interfațarea cu programul PowerWorld, atât prin metodă locală, cât și prin server, cu asigurarea compatibilității depline la nivel de bază de date;
 - înglobarea bibliotecii de programe MatPower, cu includerea conductanței transversale a elementelor de rețea;
 - realizarea unor interfețe grafice ușor de utilizat, cu implementarea vizualizării și salvării în diferite forme a graficului evoluției iterative a algoritmilor genetici.
- Capitolul 7 scoate în evidență următoarele contribuții originale:
- adaptarea și actualizarea bazelor de date pentru cele trei rețele test analizate;
 - elaborarea unor studii de extindere pentru cele trei sisteme test, ținând cont și de influența apariției surselor regenerabile;

- actualizarea și adaptarea bazei de date pentru RED reală Enel Timișoara;
- elaborarea studiilor de extindere pentru sistemul de distribuție Enel Timișoara, ținând cont și de influența apariției surselor regenerabile;
- formularea unor concluzii practice, utile operatorilor de distribuție, atât la modul general, cât și cel particular al Enel Distribuție Banat.

Rezultatele cercetării au fost și vor fi valorificate în cadrul unor contracte de cercetare științifică încheiate între Universitatea Politehnica Timișoara, Centrul de cercetare pentru analiza și optimizarea regimurilor de funcționare a SEE, și Enel Distribuție Banat, Enel Distribuție Dobrogea și Electrica Muntenia Nord, alți agenți economici etc. [UPT2013], [UPT2013a], [UPT2013b], [UPT2013c], [UPT2013d], [UPT2013e], [UPT2014]. De altfel, la baza stabilirii temei tezei de doctorat a stat interesul manifestat de OD în ceea ce privește extinderea RED.

De asemenea, o parte a rezultatelor obținute în cadrul tezei au fost publicate și sunt în curs de publicare. Se remarcă faptul că din totalul de 9 lucrări proprii până în prezent, 4 sunt publicate în țară și 5 în străinătate. O lucrare este cotate ISI ([Molnar2012]), 5 sunt indexate BDI – Scopus, Compendex, Inspec, IEEE ([Cornoiu2011], [Cristian2013], [Solomonesc2012], [Vătău2011], [Vuc2013], 3 au fost susținute în cadrul workshop-urilor organizate în cadrul proiectului "Interdisciplinaritatea și managementul cercetării în studiile doctorale" ID 77265 [Teslovan2011], [Teslovan2012a], [Teslovan2013a] și 2 sunt rapoarte științifice elaborate în cadrul programului de cercetare doctorală [Teslovan2012b], [Teslovan2013b].

Analizele teoretice și practice realizate în cadrul tezei de doctorat, precum și rezultatele obținute, deschid o serie de perspective și direcții de continuare și aprofundare ulterioară a cercetărilor în domeniul planificării extinderii RED:

- "dinamizarea" modelului matematic – abordarea problemei extinderii RED ca o problemă de programare dinamică, soluția indicând momentul când trebuie finalizate noile capacități de transport al energiei electrice;
- rafinarea metodelor de soluționare bazate pe utilizarea algoritmilor genetici, în scopul creșterii eficienței și ameliorării performanțelor acestora;
- implementarea unor alte clase de metode de soluționare bazate pe tehnici de inteligență artificială;
- abordarea probabilistă a unor elemente componente ale problemei discutate;
- extinderea analizei la alte RED, gestionate de OD din România.

Anexele oferă o serie de elemente și de rezultate de detaliu referitoare la studiile de caz privind bazele de date utilizate pentru studiile de caz complexe, precum și la regimurile de funcționare analizate și la rezultatele obținute.

Rezultatele cercetării au fost și vor fi valorificate în cadrul unor contracte de cercetare științifică încheiate între Universitatea Politehnica Timișoara, Centrul de cercetare pentru analiza și optimizarea regimurilor de funcționare a SEE, și Enel Distribuție Banat, Enel Distribuție Dobrogea și Electrica Muntenia Nord, alți agenți economici etc. [UPT2013], [UPT2013a], [UPT2013b], [UPT2013c], [UPT2013d], [UPT2013e], [UPT2014]. De altfel, la baza stabilirii temei tezei de doctorat a stat interesul manifestat de OD în ceea ce privește extinderea RED.

De asemenea, o parte a rezultatelor obținute în cadrul tezei au fost publicate și sunt în curs de publicare. Se remarcă faptul că din totalul de 9 lucrări proprii până în prezent, 4 sunt publicate în țară și 5 în străinătate. O lucrare este cotate ISI ([Molnar2012]), 5 sunt indexate BDI – Scopus, Compendex, Inspec, IEEE ([Cornoiu2011], [Cristian2013], [Solomonesc2012], [Vătău2011], [Vuc2013], 3 au fost susținute în cadrul workshop-urilor organizate în cadrul proiectului "Interdisciplinaritatea și managementul cercetării în studiile doctorale" ID 77265 [Teslovan2011], [Teslovan

2012a], [Teslovan2013a] și 2 sunt rapoarte științifice elaborate în cadrul programului de cercetare doctorală [Teslovan2012b], [Teslovan2013b].

Analizele teoretice și practice realizate în cadrul tezei de doctorat, precum și rezultatele obținute, deschid o serie de perspective și direcții de continuare și aprofundare ulterioară a cercetărilor în domeniul planificării extinderii RED:

- "dinamizarea" modelului matematic – abordarea problemei extinderii RED ca o problemă de programare dinamică, soluția indicând momentul când trebuie finalizate noile capacități de transport al energiei electrice;
- rafinarea metodelor de soluționare bazate pe utilizarea algoritmilor genetici, în scopul creșterii eficienței și ameliorării performanțelor acestora;
- implementarea unor alte clase de metode de soluționare bazate pe tehnici de inteligență artificială;
- abordarea probabilistă a unor elemente componente ale problemei discutate;
- extinderea analizei la alte sisteme de distribuție a energiei electrice, gestionate de OD din România.