

Rezumat

al tezei de abilitare

APLICAȚII ALE TEHNICILOR DE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ ȘI ELECTRONICII DE PUTERE ÎN MONITORIZAREA ȘI CONTROLUL SISTEMELOR ELECTROENERGETICE

Lucrarea prezintă principalele realizări ale autorului în domeniul operării sigure și eficiente a sistemelor electroenergetice, după obținerea titlului de doctor la Universitatea POLITEHNICA din București, în anul 1998.

Rezultatele prezentate, rodul activităților desfășurate în cadrul laboratorului didactic și de cercetare “*Rețele și Sisteme Electroenergetice – RSEE*” de la Facultatea de Energetică a Universității POLITEHNICA din București, se referă la două direcții din cadrul problematicilor de cercetare abordate, și anume: *monitorizarea și controlul sistemelor electroenergetice* prin intermediul unor *tehnici și tehnologii moderne* bazate pe *inteligența artificială și electronica de putere*.

▪ **Motivație**

Trecerea la utilizarea energiei electrice, începând cu sfârșitul secolului XIX și începutul secolului XX, a constituit o etapă nouă în istoria omeniirii și a energeticii, a lărgit mult paleta utilizărilor acesteia și a marcat un progres uriaș în evoluția tehnologică și implicit în evoluția societății umane. Deși, comparativ cu alte forme de energie, energia electrică prezintă o serie de caracteristici remarcabile, dintre care se amintesc:

- poate fi transmisă practic instantaneu la mari distanțe;
- poate fi distribuită în mod economic în cantități mari sau mici;
- poate fi transformată ușor în alte forme de energie necesare utilizatorilor (mecanică, termică, luminoasă, chimică etc.);
- este o energie curată,

totuși, și la ora actuală ea prezintă un mare dezavantaj: ***nu poate fi stocată în cantități suficiente***, și prin urmare, pentru a asigura ***echilibrul permanent producție – consum***, trebuie produsă atunci când este solicitată de utilizatori. Acesta este factorul principal care contribuie la gradul de complexitate deosebit de ridicat pe care-l prezintă operarea sistemelor electroenergetice.

Pentru a face față acestei provocări majore, sistemele electroenergetice (SEE), constituite din subsistemele de producere, transport și distribuție a energiei electrice, s-au dezvoltat continuu devenind la ora actuală cele mai complexe sistem create de către om. Rolul lor este de a converti formele naturale de energie existente în energie electrică, de a o transporta către zonele de consum și de a o distribui consumatorilor individuali la parametrii de calitate corespunzători. În acest context, proiectarea și operarea corespunzătoare a sistemelor electroenergetice trebuie să satisfacă următoarele cerințe fundamentale:

- i. sistemul trebuie să fie capabil să satisfacă în orice moment cererea consumatorilor de putere activă și reactivă;
- ii. sistemul trebuie să furnizeze energia cerută de consumatori la un cost și un impact ecologic minime;
- iii. calitatea energiei furnizate trebuie să satisfacă anumite standarde referitoare la menținerea frecvenței, nivelului de tensiune și nivelului de fiabilitate.

Pentru satisfacerea acestora, sistemele electroenergetice sunt controlate pe niveluri ierarhice folosind o diversitate de dispozitive automate de comandă și control, principalul obiectiv constituindu-l menținerea unui nivel de securitate corespunzător.

Securitatea SEE se referă la capacitatea acestora de a face față, fără întreruperea alimentării consumatorilor, unei contingente plauzibile și este un concept larg care vizează stabilitatea și integritatea acestora, dar și evaluarea stării de echilibru din punct de vedere al încadrării în limitele admisibile ale tensiunilor, frecvenței și încărcării elementelor rețelei electrice etc.

Pentru aceasta, operatorii din centrele de comandă și control trebuie să dispună de metode de monitorizare, simulare și analiză corespunzătoare, bazate pe modele matematice adecvate, integrate în produse software dedicate.

▪ **Conținut**

În contextul celor menționate anterior, **primul capitol** al tezei prezintă, într-o manieră sintetică, aspectele planificării și securității operării sistemelor electroenergetice actuale evidențiindu-se încadrarea subiectelor abordate în problematicile generale vizând monitorizarea și controlul acestora. Din perspectiva dezvoltării unor metode bazate pe tehnici și tehnologii noi, sunt trecute în revistă aspectele vizând modelarea și simularea regimurilor de funcționare ale SEE. O contribuție importantă în această direcție o constituie participarea, în calitate de coautor, la publicarea a două tratate de specialitate, și anume:

1. M. Eremia & M. Shahidehpour (editori) – Handbook of Electrical Power System Dynamics: Modeling, Stability, and Control, Wiley & IEEE Press, Power Engineering Series, 2013 pentru care, alături de ceilalți autori, am primit Premiul AGIR 2013.
2. Mircea Eremia (editor) - Electric Power Systems. Electric Networks. Editura Academiei Române, București 2006,

precum și dezvoltarea unor programe de calcul (STABTEN, PFAC, EPSA), în mediile C++ și Matlab, dedicate activităților didactice și de cercetare în domeniul sistemelor electroenergetice.

Capitolul 2 al tezei, intitulat “**Monitorizarea stabilității sistemelor electroenergetice folosind rețele neuronale artificiale**”, prezintă rezultatele cercetărilor efectuate în direcția utilizării tehnicilor de inteligență artificială în monitorizarea stabilității sistemelor electroenergetice. În acest sens, primul paragraf este dedicat prezentării aspectelor fundamentale vizând stabilitatea sistemelor electroenergetice punându-se accentul pe stabilitatea de tensiune și stabilitatea unghiulară, două dintre subiectele preferențiale din cadrul activității mele de cercetare științifică.

În continuare sunt abordate principiile calculului neuronal din perspectiva utilizării pentru dezvoltarea unor aplicații software dedicate monitorizării stabilității de tensiune și stabilității unghiulare. În finalul capitolului sunt prezentate rezultatele obținute cu programul de calcul EPSA în monitorizarea riscului declanșării fenomenelor de instabilitate unghiulară și de tensiune folosind rețele neuronale artificiale (RNA) de tip multilayer perceptron (MLP).

Dintre realizările importante în acest domeniu menționez participarea, în calitate de coautor la publicarea a două cărți având ca subiect tehnicile de inteligență artificială cu aplicații în sistemele electroenergetice, publicarea mai multor articole care vizează utilizarea RNA de tip MLP în monitorizarea SEE, dintre care unul este indexat ISI, precum și participarea, în calitate de responsabil UPB, la realizarea granturilor de cercetare:

1. Indicatori de evaluare a stabilității sistemelor electroenergetice. Metode și tehnici de inteligență artificială. Temă în cadrul Grantului de cercetare – dezvoltare nr. 521/2000 cu Ministerul Educației și Cercetării – ANSTI;
2. Dezvoltarea de tehnici avansate în sistemele electroenergetice restructurate și interconectate. Temă din cadrul Grantului de cercetare – dezvoltare nr.521/2000 cu AMCSIT, Programul RELANSIN. Faza 1 Concepte și modele performante pentru modelarea sistemului electroenergetic în vederea dezvoltării de produse informatice avansate.

În **capitolul 3**, “**Controlul $U - Q$ utilizând tehnici de calcul evolutiv**” sunt prezentate realizările autorului în domeniul utilizării tehnicilor de calcul evolutiv în rezolvarea problemei alocării optime a puterii reactive în scopul optimizării regimului permanent de funcționare (reducerea pierderilor de putere activă) și al creșterii securității statice (încadrarea în limitele admisibile a nivelului de tensiune, a încărcării elementelor rețelei electrice etc.), respectiv a amplasării optime a sursele de putere în cadrul rețelei electrice. Astfel, în primul paragraf sunt prezentate aspectele fundamentale vizând calculul regimului permanent și sunt prezentate metodele pe care autorul le-a implementat în programele STABTEN, PFAC respectiv EPSA. Din perspectiva utilizării tehnicilor de calcul evolutiv pentru soluționarea celor două tipuri de probleme abordate care necesită, în cadrul etapei de evaluare a performanțelor indivizilor, calcule repetate de regim permanent, concluzia este că

cele mai eficiente metode sunt metoda decuplată rapidă și metoda Newton bazată pe ecuațiile bilanțului de curenți.

În continuare sunt trecute în revistă metodele de calcul evolutiv de inspirație biologică (algoritmii genetice și programarea diferențială evolutivă), respectiv cele bazate pe inteligența de grup (particle swarm optimization - PSO), implementate în programul de calcul EPSA. În final sunt prezentate rezultatele obținute folosind diverse rețele test, rezultate care pun în evidență potențialul tehnicilor de calcul evolutiv în soluționarea unor probleme complexe din cadrul sistemelor electroenergetice. Dintre principalele realizări în această direcție menționez publicarea unui număr de 8 articole indexate BDI, dintre care 3 sunt indexate ISI.

Capitolul 4 “*Controlul sistemelor electroenergetice folosind dispozitive FACT*” prezintă realizările și rezultatele cercetărilor în cea de a doua direcție principală de cercetare, și anume utilizarea electronicii de putere pentru creșterea performanțelor statice și dinamice ale sistemelor electroenergetice. Din această perspectivă, cercetările s-au orientat, pe de o parte către elaborarea unor modele matematice pentru dispozitivele FACTS adecvate simulărilor regimurilor statice și dinamice ale sistemelor electroenergetice, iar pe de altă parte către implementarea acestor modele în cadrul programului propriu PFAC – Power Flow Analysis and Control, respectiv în programe comerciale (Eurostag, Neplan) dedicate simulărilor dinamice.

În finalul capitolului sunt prezentate rezultatele obținute din studiile efectuate pe rețele test dar și pe o zonă a rețelei sistemului energetic național. Dintre realizările în această direcție de cercetare menționez două contractele de cercetare științifică derulate cu Compania Națională de Transport al Energiei Electrice TRANSELECTRICA, respectiv în cadrul programelor naționale de cercetare științifică, după cum urmează:

1. *Dezvoltarea de tehnici avansate în sistemele electroenergetice restructurate și interconectate.* Temă din cadrul Grantului de cercetare – dezvoltare nr.521/2000 cu AMCSIT, Programul RELANSIN. Parteneri: C.N. TRANSELECTRICA S.A. și S.C. ELECTRICA S.A.
2. *Studiu privind utilizarea dispozitivelor FACTS într-o zonă din RET.* Contract de cercetare cu Compania Națională de Transport al Energiei Electrice TRANSELECTRICA.

precum și publicarea mai multor articole, dintre care unul indexat ISI, ar două indexate BDI.

Capitolul 5 “*Direcții de dezvoltare a carierei*” prezintă principale obiective propuse în cadrul activităților didactice și de cercetare.

Din punct de vedere al activităților de cercetare îmi propun:

- continuarea studiilor vizând aplicațiile tehnicilor de inteligență în operarea sistemelor electroenergetice în două direcții:
 - I. extinderea studiilor efectuate pe rețele test la rețele electrice reale din cadrul SEN;
 - II. utilizarea tehnicilor de control fuzzy în operarea sistemelor electroenergetice.
- continuarea studiilor vizând îmbunătățirea performanțelor statice și dinamice ale SEE prin utilizarea dispozitivelor FACTS.
- dezvoltarea de cercetări în domeniul rețelelor electrice inteligente, în special în domeniul microgrid.

Cariera didactică va fi dezvoltată pe direcția disciplinelor predate în sensul creșterii calității predării și a cunoștințelor transmise studenților prin adoptarea unor metode moderne de predare, cât și prin introducerea noutăților apărute în domeniu pe plan național și mondial, dar și a rezultatelor din propriile cercetări. Așa cum am făcut și până în prezent, voi continua dialogul cu studenții și atragerea acestora în organizarea de evenimente științifice, precum și în activități de cercetare. În acest sens, următorul obiectiv asumat îl constituie organizarea la Facultatea de Energetică a cercului științific studentesc “*Aplicații ale tehnicilor de inteligență artificială în energetică*”