



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ



TEZĂ DE DOCTORAT

***CERCETĂRII PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE
REALIZARE A UNUI SISTEM ENERGETIC MIX ÎN
ZONELE ADIACENTE CARIERELOR DE LIGNIT DIN
BAZINUL OLTENIEI***

- REZUMAT -

Conducător Științific

Prof.univ.dr.ing. Marin Silviu NAN

Doctorand

Ing. Alin Dumitru SULTAN

PETROȘANI

2019

CUPRINS

INTRODUCERE

CAPITOLUL I: STADIUL ACTUAL ȘI DINAMICA NECESARULUI DE ELECTRICITATE LA NIVEL NAȚIONAL ȘI EUROPEAN

- 1.1. Dezvoltarea sustenabilă a industriei energetice
- 1.2. Stadiul actual și tendințe în domeniul evaluării eficienței energetice a României
- 1.3. Studiul aspectelor statistice cu ajutorul programului EVIEWS
- 1.4. Cercetări statistice prin utilizarea modelelor matematice
- 1.5. Studiul econometric al producției de electricitate în funcție de modul de generare pe plan național
- 1.6. Studiul econometric a extragerii cărbunelui în țară pentru perioada 1992 – 2017
- 1.7. Studiul econometric al consumului de electricitate în țară pentru perioada 1992 – 2017

CAPITOLUL II: CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITATEA ȘI LIMITELE VALORIFICĂRII APEI CA SURSĂ DE ENERGIE REGENERABILĂ

- 2.1. Noțiuni generale
- 2.2. Noțiuni hidroelectrice de bază
- 2.3. Potențialul hidroenergetic
- 2.4. Turația specifică a turbinelor
- 2.5. Modelarea și simularea producerii energiei hidroelectrice
- 2.6. Studiul și evaluarea potențialului energetic regenerabil pentru Bazinul și Municipiul Motru

CAPITOLUL III: STUDIUL RADIAȚIEI SOLARE CA SURSĂ DE ENERGIE REGENERABILĂ (Studiu de caz)

- 3.1. Introducere
- 3.2. Modelarea matematică a radiației solare
- 3.3. Simularea radiației solare

CAPITOLUL IV: MODELAREA ȘI SIMULAREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE

- 4.1. Modelarea unui panou fotovoltaic și validarea prin simulare
- 4.2. Modelarea și validarea prin simulare a mijloacelor de acumulare a electricității
- 4.3. Modelarea și validarea prin simulare a elementelor de conversie statică
- 4.4. Modelarea și validarea prin simulare a elementelor de conversie a radiației solare

CAPITOLUL V: CERCETĂRI PRIVIND POTENȚIALUL VÂNTULUI CA SURSĂ DE ENERGIE REGENERABILĂ

- 5.1. Considerații generale
- 5.2. Producerea de energie electrică în instalații eoliene
- 5.3. Modelarea și simularea producerii energiei eoliene

CAPITOLUL VI: STUDIUL POSIBILITĂȚILOR DE REALIZARE A MIXULUI ENERGETIC ÎN ZONA MOTRU (Studiu de caz)

- 6.1. Generalități
- 6.2. Turbine energetice – turbine cu abur
- 6.3. Mix energetic în zona Municipiului Motru

CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE

BIBLIOGRAFIE

ANEXE

Evoluția continuă a umanității se află într-o strânsă legătură cu consumul de electricitate. Acest aspect a determinat atât creșterea nivelului de poluare, cât și scăderea surselor de combustibili fosili. În această direcție una din politicile prioritare a stabilității energetice în țară dar și în Europa este reprezentată de eficiența energetică [58].

O rezolvare a aspectelor relatate este reprezentată de creșterea generării energiei din surse regenerabile. Astfel, ținând seama de cele menționate, subiectul analizat în cadrul tezei de doctorat este unul de actualitate. Acesta se pliază atât în găsirea de soluții a celor relatate, cât și în domeniile de cercetare ale Uniunii Europene [84].

Discuțiile și aria de aplicabilitate a strategiilor de modelare și simulare propuse sunt orientate în mod special către procesele existente în lanțul energetic industrial. Progresul rapid în domeniul tehnicii de calcul și al componentelor hardware din ultimii ani a permis elaborarea mai multor direcții de dezvoltare a unor strategii de modelare și simulare, bazate pe regulatoare predictive, adaptive, regulatoare neurale sau neuro-fuzzy în scopul perfecționării funcționalității instalațiilor industriale. În acest sens, comunitatea științifică internațională dedicată studiului acestor tipuri de procese energetice a elaborat perspective noi de analiză, oferind astfel o varietate largă de soluții corespunzătoare fiecărei aplicații [59].

Expansiunea continuă și competiția într-o piață liberalizată, precum și necesitatea menținerii unei stabilități a sistemului electroenergetic au condus la o eficiență crescută, standardele impuse forțându-i pe cei ce se ocupă de proiectare cât și pe operatorii de rețea să introducă echipamente de electronică de putere și sisteme sofisticate de control automat. Sistemele sunt adesea atât de neliniare încât singurul mod de abordare este prin simulare [60].

Teza este dezvoltată pe 166 pagini în 6 capitole cu o bibliografie recentă, pertinentă și relevantă în care se regăsesc lucrările proprii în calitate de autor și coautor, bine cotate și cu impact în soluționarea tematicii abordate în lucrarea de doctorat. Lucrarea se finalizează printr-o parte de concluzii generale, contribuții personale și direcții de cercetare și două de anexe.

Obiectivul general al tezei îl reprezintă studiul posibilităților de realizare a unui mix energetic care să asigure electricitate pentru zonele urbane și rulare afectate de restructurare industriale. În acest sens s-au luat în considerare o serie de surse verzi pretabile și semnificative pentru zona Bazinului și a Municipiului Motru. Astfel studiul surselor de energie cuprinde atât aspecte de natură constructiv – funcțională prezentate în detaliu cât și a utilizării lor ținând seama de avantaje și dezavantaje dar mai ales de domeniile de aplicare.

În cadrul tezei sunt modelate fenomenele ce definesc fiecare sursă luată în studiu și se simulează funcționarea acestora în condiții specifice de exploatare.

În primul capitol s-au prezentat:

- analiza stadiului actual și de perspectivă a eficienței energetice a României din prisma politicilor energetice ale Uniunii Europene, politici asumate în momentul aderării;
- descrierea software-ului EVIEWS ce oferă utilizatorilor posibilitatea de a gestiona rapid și eficient seriile de date din cadrul fenomenelor pe care doresc să le analizeze, de a genera previziuni sau prin simularea unor modele să realizeze grafice și tabele de o înaltă calitate;
- cercetări statistice prin utilizarea modelelor matematice;
- aspecte privind studiul econometric al producției de electricitate în funcție de modul de generare, a producției totale de cărbune și a categoriilor de resurse carbonifere și nu în ultimul rând a consumului de electricitate în țară.

În capitolul doi s-au studiat:

- posibilitatea și limitele valorificării apei ca sursă de energie regenerabilă;
- avantajele și dezavantajele microhidrocentralelor din punct de vedere al căderii și debitului de apă și principalele elemente ale unui sistem hidroelectric;
- modul de evaluare și calcul al potențialului hidroenergetic;
- modul de calcul al turației specifice a turbinelor, prezentarea tipurilor de turbine și criteriile de alegere;

- modelarea și simularea producerii energiei hidroelectrice plecând de la modelarea părții hidraulice, electromecanice, a controllerului și finalizând prin simularea întregului sistem hidroelectric;

- studiul și evaluarea potențialului energetic regenerabil pentru Bazinul și Municipiul Motru. În acest sens se realizează două modele, unul pentru validarea calitativă a conceptului (utilizând rețele Petri) și unul pentru validarea cantitativă (bazat pe programarea liniară) pentru obținerea unei producții maxime de energie.

În capitolul trei au fost analizate aspectele legate de radiația solară ca sursă de energie regenerabilă și s-a elaborat un studiu de caz pentru condițiile concrete, acestea fiind determinate prin măsurători, ale zonei date. Studiul, modelarea și simularea unui sistem fotovoltaic presupune parcurgerea mai multor etape. O etapă esențială o constituie estimarea radiației solare. În acest context, s-au elaborat o serie de modele matematice utilizate în estimarea radiației solare directe. Modelele matematice ale radiației solare directe sunt particularizate pentru municipiul Motru. Validarea acestor modele se realizează pe baza datelor furnizate de măsurătorile efectuate în zonă. În final este prezentat programul de simulare în Matlab - Simulink a radiației solare, estimate cu ajutorul modelului Haurwitz. În urma analizei punctelor de extrem ale funcțiilor rezultate din simulare, abscisele (unghiurile de înclinare) pentru care se obțin valorile maxime ale radiațiilor solare globale, pentru toate lunile anului și se determină unghiurile optime de poziționare a panourilor fotovoltaice. În acest sens pentru a optimiza cantitatea de energie electrică consumată în vederea controlului unghiului de înclinare a unui panou fotovoltaic, se recomandă fie poziționarea fixă, fie poziționarea odată pe anotimp a panoului fotovoltaic.

În capitolul patru se realizează o clasificare din punct de vedere constructiv și funcțional a sistemelor fotovoltaice. Pentru alimentarea continuă cu energie electrică a consumatorilor, pe lângă panourile fotovoltaice sunt folosite acumulateoare de energie electrică și convertoare statice, ce au rolul de a transforma curentul continuu în curent alternativ sau curentul alternativ în curent continuu și de a monitoriza și controla procesul de încărcare – descărcare a acumulatorilor. Ansamblul format din toate elementele prezentate mai sus, interconectate și dimensionate pentru a putea funcționa într-un sistem unic, formează un sistem fotovoltaic. Astfel se modelează și simulează panoul fotovoltaic, acumulatorul de energie electrică, convertoarele statice, cât și tipurile de sistemele fotovoltaice. Rezultatele simulărilor redau limitele dar mai ales oferă posibilitatea alegerii soluției optime pentru realizarea unui parc de producere a energiei bazat pe radiația solară.

În capitolul cinci este studiat potențialul vântului pentru producerea de energie regenerabilă. Plecând de la ponderea pe care energia eoliană o deține în cadru energiilor produse atât pe plan național cât și internațional se prezintă aspecte teoretice și experimentale a modului de producere de energie eoliană. S-au prezentat și definit sub diverse aspecte potențialul eolian, componentele și caracteristicile instalațiilor eoliene, coeficientul de putere a instalației în funcție de viteza vântului pe de o parte și pe tipuri de rotoare utilizate în construcția turbinelor pe de altă parte. Se analizează și modelează matematic viteza și variația vântului, turbina și generatorul eolian. Pe baza modelelor matematice se simulează instalația eoliană rezultând variația coeficientului de putere în funcție de unghiul de înclinare a palelor dar și puterea mecanică în raport cu turația. În finalul capitolului se realizează simularea unui parc eolian bazat pe modelele matematice prezentate și pe condițiile reale măsurate ale vitezei și frecvenței vântului. În urma analizei rezultatelor simulării se poate concluziona că în proiectarea turbinelor eoliene trebuie să se țină seama de mulți factori, dar cei mai importanți sunt zona și condițiile climatice și nu în ultimul rând pentru a putea proiecta centrale eoliene este necesar consumul de energie pentru zona considerată. Mai mult, energia regenerabilă bazată pe sistemele de conversie a vântului are nevoie de un algoritm matematic adaptiv și de un sistem eficient de control dinamic al răspunsului, pentru a putea rezista mereu la schimbarea bruscă a vitezei vântului.

În capitolul șase s-a prezentat un studiu de caz privind posibilitățile de realizarea a unui mix energetic în zona Bazinului Motru. Se prezintă condițiile climatice ale zonei, evoluția populației, modalitățile de alimentare cu gaze, apă, utilități și nu în ultimul rând energie electrică și termică precum și necesarul pentru consumul casnic și non casnic. În cadrul acestui capitol se analizează

din punct de vedere constructiv și funcțional producerea energiei termoelectrice, bazate pe combustibil fosili. În finalul acestui capitol, bazat pe cele enunțate în cadrul tezei și măsurătorilor efectuate asupra factorilor climatici, se propune un mix energetic format din resursele regenerabile apă, vânt, soare și centrala termoelectrică modernizată, pentru a răspunde cerințelor și normelor în vigoare.

Validarea acestui deziderat se realizează prin simulare a celor patru elemente componente ale mixului legate la o rețea de consum. Rezultatul simulării evidențiază rolul energiei produse de mixul analizat care asigură necesarul pentru consum și mai mult confirmă soluția propusă, ca fiind viabilă. Energia rezultată din combustibili fosili este elementul central pentru situațiile de vârf de consum, condiții climatice nefavorabile sau extreme. Acest aspect conduce la rezultate pozitive atât sub aspectul performanței economice a industriei extractive, cât și din punct de vedere social.

În urma finalizării lucrării s-au desprins următoarele contribuții proprii:

1. Prognoza, pentru următoarea perioadă, studiul econometric al producției de electricitate în funcție de modul de generare, a producției totale de cărbune și a categoriilor de resurse carbonifere și nu în ultimul rând a consumului de electricitate în țară bazată pe analiza econometrică a evoluției în timp realizată cu ajutorul unui software dedicat.
2. Modelarea și simularea producerii energiei hidroelectrice plecând de la modelarea părții hidraulice, electromecanice, a controllerului și finalizând prin simularea întregului sistem hidroelectric în condițiile și limitările zonei Bazinului Motru.
3. Studiul și evaluarea potențialului energetic regenerabil pentru Bazinul și Municipiul Motru realizat pe două modele, unul pentru validarea calitativă a conceptului (utilizând rețele Petri) și unul pentru validarea cantitativă (bazat pe programarea liniară) pentru obținerea unei producții maxime de energie.
4. Descrierea și particularizarea pentru zona de interes a principalelor modele matematice utilizate în estimarea radiației solare directe.
5. Realizarea modelării matematice a radiației solare directe particularizate pentru Municipiul Motru și efectuarea de măsurători în zonă pentru validarea acestor modele.
6. Prezentat programul de simulare în Matlab - Simulink a radiației solare, estimate cu ajutorul modelului Haurwitz, pentru a se determina unghiurile optime de poziționare a panourilor fotovoltaice.
7. Modelarea și simularea panoul fotovoltaic, acumulatorul de energie electrică, convertoarele statice, cât și tipurile de sistemele fotovoltaice, în scopul determinării, pe baza rezultatelor acestor simulări, redarea limitelor dar și posibilitatea alegerii soluției optime pentru realizarea unui parc de producere a energiei bazat pe radiația solară.
8. Modelarea și simularea instalațiilor eoliene cu evidențierea variației coeficientului de putere în funcție de unghiul de înclinare a palelor dar și puterea mecanică în raport cu turația.
9. Efectuarea de măsurători, creând astfel, o referință asupra variației și frecvenței vântului în Bazinul și Municipiul Motru.
10. Simularea unui parc eolian bazat pe modelele matematice prezentate și având la bază condițiile reale măsurate ale vitezei și frecvenței vântului.
11. Analiza situației concrete privind condițiile climatice ale zonei, evoluția populației, modalitățile de asigurare cu gaze, apă, utilități și nu în ultimul rând energie electrică și termică precum și necesarul pentru consumul casnic și non casnic.
12. Realizarea, bazată pe cele enunțate în cadrul tezei și măsurătorilor efectuate asupra factorilor climatici, a unui mix energetic format din resursele regenerabile apă, vânt, soare și combustibili fosili.
13. Validarea acestui deziderat prin simulare a celor patru elemente determinate a fi semnificative și de interes în componența mixului prin legare la o rețea de consum.
14. Simularea mixului energetic și rezultatul obținut evidențiază faptul că, pentru consumul necesar este asigurată și soluția propusă fiind viabilă. Energia rezultată din combustibili fosili este elementul central pentru situațiile de vârf de consum, condiții climatice nefavorabile sau extreme.