

## REZUMAT

# STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND OPTIMIZAREA SISTEMELOR EOLIENE

Companiile de producere a energiei electrice caută diferite surse alternative la producerea energiei în condițiile instabilității prețului energiei și a modificărilor privind reglementările referitoare la protecția mediului. În acest context, integrarea surselor de energie regenerabilă eoliană se impune din ce în ce mai mult.

Restructurarea companiilor de producere a energiei electrice, evoluția tehnologiilor din domeniul optimizării funcționării sistemelor eoliene, politicile recente privind mediul înconjurător asigură baza pentru progresul integrării surselor de energie eoliană ca opțiune importantă în viitorul apropiat.

Economia europeană se bazează pe surse de energie mai sigure, mai curate, mai competitive și sustenabile. Prioritățile energetice vizează asigurarea unei piețe interne europene funcționale, stabile și continue.

În contextul prezentat, tematica tezei se încadrează în preocupările actuale din domeniul optimizării funcționării sistemelor eoliene. Teza tratează o gamă largă de aspecte legate de analiza regimurilor de funcționare, inclusiv situațiile speciale care pot să apară în regimurile tranzitorii.

Toate metodele utilizate au la bază o abordare teoretică riguroasă, finalizându-se prin realizarea și implementarea unor instrumente soft de aplicabilitate generală.

Teza de doctorat este structurată pe 11 capitole, o prefață și o listă bibliografică, semnalându-se prezența unor lucrări reprezentative, atât cele considerate deja clasice, cât și cele de dată relativ mai recentă, apărute în țară sau în reviste 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 și al preocupărilor existente pe plan mondial și la noi în țară, și prezentarea succintă a conținutului fiecărui capitol al tezei. În încheiere 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.

Capitolul al 2-lea este consacrat analizării stadiului actual al cercetărilor privind sistemele electroenergetice eoliene. Analiza pleacă de la situația pieței de energie în condițiile liberalizării acesteia și a necesității asigurării securității energetice pentru viitor, respectând normele naționale și internaționale privind protecția mediului. Problematika energetică actuală se amplifică devenind tot mai complicată ca urmare a epuizării resurselor energetice clasice: petrol, gaze, cărbune, uraniu, etc. Analizând literatura de specialitate s-a constatat faptul că în mai toate lucrările se preconizează captarea unei energii maxime de la vânt. Se tinde, deci, să se funcționeze cu sistemele electroenergetice eoliene la putere maximă. Este prezentată strategia energetică a României în domeniul surselor regenerabile de energie.

Încapitolul al 3-lea serealizează o sinteză a principalelor aspecte ce privesc integrarea surselor regenerabile de energie de putere mare în sistemele electroenergetice actuale. Se analizează energia eoliană și implicit centralele electrice eoliene (CEE).Sunt prezentate atât problemele legate de epuizarea combustibililor fosili cât și implicațiile tehnice, economice și de mediu legate de sursele regenerabile de energie.

Sunt analizate problemele energetice globale și cele specifice României. O atenție deosebită se acorda protejării mediului mai ales ca acesta este semnificativ poluat de sectorul energetic.

În UE și România politicile energetice sprijină în mod semnificativ implementarea energiilor regenerabile în principal energia eoliana și cea solară.

Se determină, în capitolul 4, energia mecanică captată de turbina de vânt și transformată în energie electrică de catre generatorul sincron cu magneți permanenți. Se pune problema determinării încărcării sistemului astfel încat energia obținută să fie maximă. Prin simulare se determină viteza unghiulara mecanica optimă și rezistenta de sarcina optimă, la generator, la care energia este maximă, considerând viteza vântului variabilă în timp.

Capitolul 5 este consacrat determinării valorii turației la care energia captată este maximă. Aceasta constituie problema fundamentală în orice sistem de conducere performant. Deoarece viteza vântului variaza ca și valoare, semnificativ în timp și valoarea turației optime se modifică în timp. Conducerea optimală din punct de vedere energetic a sistemului eolian se poate realiza în timp util, dacă se cunoaște dependența valorii turației optime la viteza vântului.

Determinarea legăturii dintre viteza vântului și turația optimă este obiectivul principal al acestei lucrări.

Obiectivul capitolului 6 îl constituie determinarea vitezei unghiulare mecanice optime,la care energia captată este maximă. Calculul energiei se face prin integrarea puterii pe o perioadă de timp dată de valoarea perioadei de oscilație a vitezei vântului. Pe baza valorii turației optime se poate realiza o conducere optimală. Determinarea turației optime de funcționare,din punct de vedere energetic,este problema esențială la sistemele eoliene ce funcționează la viteze ale vântului variabile în timp. Sunt analizate dependențele vitezei unghiulare mecanice,(VUM),de viteza vântului .Se deduc VUM corespunzătoare energiilor maxime.

Se dă în capitolul 7 un mod de utilizare a energiei eoliene prin stocare în energie hidraulică. În acest fel nu se mai pune problema fluctuațiilor de putere ce apar la viteze ale vântului variabile în timp, fluctuații ce perturbă funcționarea sistemului electroenergetic național, (SEN), mai ales la viteze ale vântului variabile semnificativ în timp, cum este în cazul României.Sistemul este compus dintr-o turbină de vânt cuplată cu un generator sincron cu magneți permanenți, (TV+GSMP), ce debitează putere electrică pe un motor asincron/sincron cuplat cu o pompă de apă.

Se pune problema determinării turației ,numită de referință,astfel încat să se realizeze o captare maximă a energiei eoliene ,pe un interval de timp mare(ordinul zilelor). Urmărirea maximului energetic,la viteze ale vântului variabile în timp, conduce la valori de puteri variabile în timp,ceea ce pentru sistemul energetic este un element destabilizator.

Din acest motiv se impune ca fluctuațiile de putere să fie înmagazinate într-un sistem de stocare a energiei. Acesta poate fi de natură hidro cu două rezervoare de apă la puteri mari, sau o baterie de acumulate electrice la puteri medii și mici. Se determină comportarea sistemului (TV+GSMP) considerând turația/viteza unghiulară mecanică optimă, ca și mărime de referință, într-un sistem de conducere. Se realizează, astfel, o conducere optimă a sistemului eolian, astfel încât să se extragă maximul de energie mecanică, la viteze ale vântului variabile în timp. Structura de conducere se bazează pe măsurarea vitezei momentane a vântului și folosește un model original pentru turbina de vânt.

În capitolul 8 se face o analiză a dinamicii sistemelor eoliene funcționând la viteze ale vântului variabile în timp. Această analiză se bazează pe simulări numerice ce au la bază ecuația mișcării. Conducerea sistemului se realizează cu regulatele de tip PI ce au ca și mărime de referință viteza unghiulară mecanică, VUM, de la generator, calculată pe baza măsurătorilor de viteză a vântului în condițiile obținerii unei energii maxime. Prin simulări se face acordarea regulatele, considerând viteza vântului variabilă în timp.

În capitolul 9 se prezintă o metodă originală de estimare a puterii echivalente la sisteme eoliene funcționând la viteze ale vântului variabile în timp. Această metodă se bazează pe o probă la funcționarea în gol a generatorului, făcându-se o singură dată în etapa de omologare a turbinei. Cunoașterea valorii turației, la care energia captată este maximă, constituie problema fundamentală în orice sistem de conducere performant. Conducerea optimă a unui sistem eolian presupune extragerea, (captarea), unei energii maxime la o viteză a vântului variabilă semnificativ în timp. Aceasta impune controlul turației și cuplului la turbină și adaptarea sarcinii generatorului la viteza vântului. Determinarea turației corespunzătoare energiei maxime date de turbina de vânt, (TV), este obiectivul principal al acestei lucrări. Prin simulări se verifică metoda dată, considerând viteza vântului variabilă în timp.

În capitolul 10 se determină zonele de maxim energetic la sistemele eoliene funcționând la viteze ale vântului variabile în timp. Această analiză se bazează pe simulări numerice ce au la bază ecuația mișcării. Pe baza măsurării vitezei vântului și a turației la generator se definesc două mărimi fundamentale: viteza echivalentă a vântului și viteza unghiulară mecanică optimă, aceasta din urmă fiind o funcție de viteza echivalentă a vântului. Prin analiza variației în timp a turației la generator se poate determina zona de funcționare optimă din punct de vedere energetic.

Datorită inerțiilor mecanice mari funcționarea sistemului în punctele de putere maximă, MPP, este posibilă doar la variații mici ale vitezei vântului și deci la variații mari ale vitezei vântului se impune o nouă strategie bazată pe captarea unei energii maxime pe o durată lungă de timp.

Se menționează că fiecare capitol se încheie cu un subcapitol final, de evidențiere a concluziilor și a contribuțiilor originale.

Ultimul capitol cuprinde concluziile generale ale tezei de doctorat și prezentarea sistematizată a contribuțiilor originale ale autorului, precum și relieful direcțiilor și perspectivele viitoare de cercetare în acest domeniu în plină dezvoltare atât din punct de vedere tehnic cât și economic, prin energia obținută în condiții de rentabilitate mărite.

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 domeniu:

- Analiza integrării surselor regenerabile de energie în alte zone ale SEN, în funcție de evoluțiile viitoare pe plan european și național;
- Analiza integrării sistemelor eoliene din zona Baziaș-Orșova într-un micro sistem hidroenergetic integrat, separat de SEN, cu stocare în hidro folosind pentru aceasta hidrocentrala de la Porțile de Fier I;
- se poate, cu sistemul menționat, realiza o stocare a energiei eoliene și în același timp a funcționa ca puterivariabile în funcție de viteza vântului fără a influența, prin aceasta stabilitatea SEN;
- extinderea instrumentului software pentru centralele mai vechi realizate cu tehnologii învechite și care funcționează în condiții de randament energetic scăzut în zone cu potențial eolian ridicat. Se pot evita, astfel, pierderile de energie și deci, mărirea eficacității fermelor eoliene, indiferent de putere;
- folosirea sistemelor de stocaj hidro cu alimentare directă a motoarelor electrice ce acționează pompele de apă, la variații mari de putere datorate variațiilor în timp a vitezei vântului;
- funcționarea în zona optimă din punct de vedere energetic printr-o metodă simplă și deosebit de eficace: reglarea debitului de apă în funcție de viteza vântului.