

**Conducător de proiect:
SC ICPE-ME S.A. București**

SECȚIUNEA 1 RAPORTUL ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST)

Contract 22-119/2008

**SISTEM COMPLET DE CONVERSIE A ENERGIEI EOLIENE DE 200 kW
LA 33 ROT/MIN CU CONECTARE LA SISTEMUL ENERGETIC**

ETAPA DE EXECUTIE NR. 2

Elaborare proiecte de executie modele experimentale inclusiv SDV-uri de realizare si/sau testare experimentală componente si subansamble - partea I

Termen 15 Decembrie 2009

Cuprins:

- 1.** Introducere si formularea problemei
- 2.** Obiectivele generale ale proiectului
- 3.** Obiectivele etapei curente de executie
- 4.** Rezumatul etapei (maxim 2 pagini)
- 5.** Descrierea stiintifica si tehnica, cu punerea in evidenta a rezultatelor etapei si a gradului de realizare a obiectivelor
 - 5.1.** Proiectare la nivel de modele experimentale a componentelor sistemului de conversie a energiei eoliene (generator sincron lent, invertor static, motor eolian cu accesorii si stilp de sustinere) - partea I (Activitatea II.1 din planul de realizare)
 - 5.2.** Proiectare elemente auxiliare de fabricație și testare (SDV-uri, echipamente de testare) - partea I (Activitatea II.2 din planul de realizare)
- 6.** Concluzii de etapă
- 7.** Bibliografie generala
- 8.** Anexe
 - 8.1.** Proiectare la nivel de model experimental a generatorului sincron lent si a SDV-urilor aferente - partea I (CO – ICPE-ME)
 - 8.2.** Proiectare la nivel de model experimental a motorului eolian cu accesorii si stilp de sustinere, inclusiv SDV-uri, partea I (P3-ROMSERV)
 - 8.3.** Proiectare la nivel de modele experimentale a invertorului static, inclusiv SDV-uri, partea I (P1-SAERP)
 - 8.4.** Proiectare la nivel de modele experimentale a generatorului sincron lent, partea I (P2-UPB-ECEE)
 - 8.5.** Indicatorii de rezultat generali si specifici pentru etapa raportata
 - 8.6.** Procesele verbale de avizare si receptie a lucrarilor
 - 8.7.** Rapoarte de deplasare externa pentru diseminare

Contract 22-119/2008

SISTEM COMPLET DE CONVERSIE A ENERGIEI EOLIENE DE 200 KW LA 33 ROT/MIN CU CONECTARE LA SISTEMUL ENERGETIC

ETAPA DE EXECUTIE NR. 2

Elaborare proiecte de executie modele experimentale inclusiv SDV-uri de realizare si/sau testare experimentală componente si subansamble - partea I

1. Introducere si formularea problemei

Prezenta lucrare răspunde cerințelor formulate în planul de realizare al lucrărilor **etapei I** a contractului 22-119/2008 din programul PNCDI II (Parteneriate în domeniul prioritare, Domeniul 2, "Energie"), contract care are ca obiectiv general efectuarea de cercetări cu referire la proiectarea, simularea, realizarea și testarea în regim de model experimental a unui sistem complet de conversie a energiei eoliene de 200 kW având un generator sincron lent, cu magneți permanenți, cuplat direct la arborele unui motor eolian (turbină tri-pala) și un invertor static în vederea creării condițiilor necesare și suficiente cuplării la sistemul energetic.

În vederea dezvoltării lucrărilor de cercetare, în cadrul parteneriatului format, conducătorul de proiect – ICPE-ME urmează să abordeze în principal aspectele specifice ale generatorului sincron cu magneți permanenți și cuplare directă, ICPE-SAERP (partenerul P1) urmează să abordeze problemele conexe invertorului comandat și filtrelor necesare conectării la rețea iar partenerul P3, ROMSERV urmează să abordeze problemele conexe stâlpului de susținere, nacelei și motorului eolian împreună cu elementele de control azimutal (pentru orientare în vânt) și al pasului elicei (pentru controlul puterii și protecție mecanică la suprasarcini). Partenerul P2, Universitatea POLITEHNICA București este asociat în cercetare în legătură cu analiza electromagnetică nelineară conexă proiectării generatorului sincron cu magneți permanenți și cu testarea experimentală a sistemului în ansamblu.

În etapa precedentă (februarie 2009) au fost inițializate lucrările de cercetare prin elaborarea unui studiu tehnic privind situația pe plan mondial și analiza soluțiilor tehnice posibile pentru conversia energiei eoliene cu generatoare sincrone cu magneți permanenți și cuplare directă la motorul eolian (Activitatea I.1 din planul de realizare) precum și prin stabilirea temelor de proiectare și a condițiilor de interfata între subsistemele componente (Activitatea I.2 din planul de realizare). În cadrul acestui studiu s-a realizat o trecere în revistă a principalelor realizări pe plan național și mondial în domeniul proiectului și în gama de puteri care se propune a fi realizată cu referire atât la literatura tehnică de specialitate cât și a literaturii de brevete. Au fost prezentate și interpretate principalele intercondiționări existente între elementele sistemului și modalitățile de avut în vedere la proiectare pentru realizarea conectării sistemului la rețea și reglajele necesare pentru asigurarea, pe de o parte, a preluării energiei mecanice a vântului cu eficiență cât mai bună, dar și pentru asigurarea condițiilor de transfer optim al puterii electrice convertite în rețeaua energetică de joasă tensiune.

Etapa care face obiectul prezentei lucrări reprezintă o etapă cu caracter parțial, rezultată în urma sectionării etapei de proiectare inițiale din contract în două semi-

etape, consecința a prevederilor actului adițional impus de CNMP ca urmare a decalării finanțării cu respectarea duratei limitate a realizării proiectului. Prin acest act adițional ambele activități care au făcut inițial obiectul etapei de proiectare (produs și SDV-uri aferente) au fost sectionate, o parte fiind raportată în etapa curentă (cu caracter parțial de raportare pe parcurs), urmând ca raportul cu întregul proiect să fie definitivat și prezentat în forma completă în etapa 3 din Iunie 2010.

2. Obiectivele generale ale proiectului și etapele de realizare

Obiectivul general al proiectului este creșterea competitivității C-D românești în domeniul conversiei energiei din resurse regenerabile (eolian), prin identificarea și punerea în valoare a unui parteneriat cu competență în acest domeniu prioritar, cu concretizare în ***dezvoltarea de produse și tehnologii inovative de mare complexitate***, precum și ***crearea mecanismelor nu doar de implementare a fabricației dar și a promovării în utilizare în zone propice***.

Astfel formulat, obiectivul general al proiectului este în directă legătură cu obiectivul programului, respectiv al direcției de cercetare, anume "Creșterea competitivității în tehnologii, produse și servicii inovative pentru rezolvarea unor probleme complexe și stimularea parteneriatelor în domeniile prioritare, concrete probleme complexe și crearea mecanismelor de implementare".

De asemenea, se au în vedere următoarele obiective asociate:

- Creșterea competenței tehnologice și promovarea transferului de cunoștințe și tehnologii în domeniul energiei, în condiții de calitate, siguranță în alimentare, cu respectarea principiului dezvoltării durabile;
- Crearea de produse, procese și tehnologii curate;
- Dezvoltarea de noi materiale, produse și procese cu înaltă valoare adăugată;

În ceea ce privește direcția specifică de cercetare 2.1 "Sisteme și tehnologii energetice durabile; securitatea energetică", prin tematicile de cercetare specifice se au în vedere în cadrul proiectului promovarea unei structuri de resurse energetice primare, cu accent pe utilizarea surselor regenerabile, de natură să mărească competitivitatea și securitatea alimentării (2.1.2.), creșterea eficienței energetice pe întregul lanț energetic, cu accent deosebit pe reducerea pierderilor de energie (2.1.3) și promovarea tehnologiilor energetice curate, a măsurilor de protecție a mediului și a reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră (2.1.4).

Pentru o mai clară identificare a obiectivelor proiectului și a modului de realizare a acestora se prezintă succint în continuare o detaliere a etapelor și a activităților în corelație cu obiectivele propuse.

Așa cum rezultă din descrierea proiectului, *acesta este unul cu o finalitate exprimată clar și fără echivoc, realizarea unui sistem complet de conversie a energiei eoliene de 200 kW, într-o locație cunoscută, pe un teren amplasat pe dealurile din satul Săbed județul Mureș, aparținând partenerului ROMSERV. Din acest motiv etapele și activitățile sunt definite explicit și cu claritate în planul de realizare al proiectului. Mai mult, dată fiind urgența ca în România să existe implementată o fabricație de sisteme eoliene, proiectul nu reclamă durata maximă permisă de pachetul programului ci se concentrează astfel încât sistemul să fie finalizat până la mijlocul anului 2011 adică în aproximativ 30 de luni de la demarare. Etapele avute în vedere sunt următoarele:*

Etapa I – Studiu tehnic privind situația pe plan mondial și analiza soluțiilor tehnico-constructive posibile pentru conversia energiei eoliene (durata 5 luni), are în vedere activități de inițializare a cercetării care inevitabil trebuie să se bazeze pe o documentare temeinică, studierea soluțiilor cunoscute (atât cât pot fi cunoscute date fiind secretele de firmă). În cadrul etapei sunt prevăzute două activități:

Activitate I.1 Studiu privind situația pe plan mondial și analiza soluțiilor tehnice posibile pentru conversia energiei eoliene cu generatoare sincrone cu magneți permanenți și cuplare directă la motorul eolian (durata prevăzută 4 luni)

Activitate I.2 Stabilirea temelor de proiectare și a condițiilor de interfață reciprocă, atât pe partea mecanică (între motorul eolian și generatorul sincron lent) cât și pe partea electrică (între generator și invertor, respectiv între invertor și rețea), între subsistemele componente, respectiv între partenerii care urmează să proiecteze și să realizeze componentele (durata prevăzută 1 lună).

Etapele II și III - Elaborarea proiectelor de execuție pentru modele experimentale, inclusiv SDV-uri de realizare și/sau testare experimentală componente și subansamble (durata 10 luni pentru etapa II, cu caracter parțial de raportare pe parcurs și 6 luni pentru etapa III, proiecte finale), au în vedere realizarea documentațiilor complete de execuție pentru toate subansamblele sistemului, cu respectarea temelor de proiectare și a condițiilor de legătură. Acolo unde este cazul se consideră în această etapă nu doar proiectarea componentelor dar și a acelor SDV-uri minimale care sunt obligatorii pentru realizarea fizică la nivel de model experimental. Se exemplifică prin matrițele de decupare tole pentru sistemul magnetic segmentat al generatorului sincron lent, echipamentul de testare experimentală a acestuia care trebuie să prevadă posibilitatea antrenării lui la 33 rpm în laborator, deci un reductor de turație cu raportul aproximativ 70-80:1 și amenajări cu aspect de construcții-montaj în locația unde se va asambla pentru asigurarea condițiilor de realizare și montaj a subansamblelor care conțin magneți permanenți încorporați. În ceea ce privește proiectarea construcției stâlpului, se subînțelege că în această etapă partenerul ROMSERV va face diligențele în vederea obținerii autorizației de construcție.

Trebuie precizată contribuția partenerului UPB-ECEE în toate etapele derulării proiectului dar cu precădere în etapa de proiectare având în vedere necesitatea unor calcule detaliate a performanțelor generatorului sincron prin metode numerice și software de ultimă oră bazate pe analiza neliniară a problemei de câmp electromagnetic prin elemente finite în vederea caracterizării soluției finale.

Etapa IV – Realizare obiecte fizice la nivel de model experimental (generator sincron lent, invertor, motor eolian, stâlp cu accesorii), (durata 6 luni), urmează să fie, probabil, etapa cea mai dificilă a proiectului prin densitatea de activități. Succesul ei va depinde de rigoarea și completitudinea cu care vor fi fost rezolvate problemele de proiectare din etapa anterioară și de modul cum au fost anvizajate problemele tehnice ale proiectării. Fiecare dintre parteneri urmează să realizeze (activitatea IV.1) partea de componente care îi revin prin plan, anume ROMSERV va realiza motorul eolian și partea de construcție (stâlp, nacelă), ICPE-ME va realiza generatorul sincron lent cu magneți permanenți iar SAERP va realiza invertorul trifazat care să permită cuplarea la rețea. În partea a doua a lucrărilor de etapă (activitatea IV.2) urmează ca fiecare din cele trei componente principale să fie testate, în baza condițiilor tehnice stabilite și prin procedurile definite, în condiții de laborator.

Etapa V –Amplasare în obiectiv, asamblare componente și teste funcționale de punere în funcțiune (generator sincron lent, invertor, motor eolian, stâlp cu accesorii), durată 10 luni, reprezintă a altă etapă dificilă care presupune

deplasarea echipamentelor componente, asamblarea și testarea în locația finală, punere în funcțiune cu experimentări și elaborarea concluziilor finale. Este etapa care urmează să valideze munca întregului colectiv de cercetare și realizare și să conducă la concluzia posibilității de fabricație viitoare a echipamentelor de conversie a energiei eoliene de mare putere în România. Etapa are și rolul demonstrării și validării soluțiilor tehnice elaborate.

Cu referire la rezultatele științifice și tehnice cu caracter de premieră națională care sunt așteptate să se regăsească la finalizarea proiectului, acestea vor fi localizate în fiecare din componentele sistemului, astfel:

a). Motorul eolian (P3-ROMSERV), în construcție tripală din materiale compozite din fibre carbonice pe butuc central din oțel, cu echipament de acționare automată a unghiului de atac în funcție de turație, diametrul rotorului de circa 30 m, viteza maximală periferică 60 m/sec. Problemele S/T de rezolvat sunt de natură aerodinamică, rezistența materialelor, automatizarea reglării turației și autoprotecție în caz de viteză de vânt peste limita prescrisă.

b). Generatorul sincron lent de 200 kW la 33 rpm (CO-ICPE-ME), cu magneți permanenți, diametru interior/exterior estimat la 1,95/2,30 m, construcția miezului statoric din segmente de tole. Problemele S/T de rezolvat se referă la dimensionarea corectă, pe baza metodelor FEM de analiză a câmpului electromagnetic (P2-UPB-ECEE), realizarea unei combinații de număr de creștături/număr de poli astfel încât cuplurile de agățare reluctante să fie minimizezate pentru demararea la viteze cât mai mici ale vântului, verificarea structurii mecanice, cu considerarea solicitărilor reale statice și dinamice (masa butucului și a sistemului de pale este estimată la 3,5 tone) și studierea comportării la din punct de vedere al vibrațiilor la forțele excitatoare reale.

c). Echipamentul de redresare împreună cu Invertorul pentru debitare în rețea cu transformator de adaptare (P2-SAERP), inclusiv sistemul de automatizare și comandă a unghiului de deschidere a supapelor electronice pentru adaptarea puterii preluate funcție de viteza vântului și deci de puterea disponibilă a motorului eolian, totul realizat într-o construcție compactă în vederea reducerii la maximum a maselor care trebuie suportate de stâlpul de susținere (masa nacelei cu generator și invertor estimate la 7,5 tone).

d). Stâlpul de susținere (P3-ROMSERV), construcție rotundă, conică, din beton armat, tehnologie de turnare continuă cu cofraj glisant.

3. Obiectivele fazei (etapei) curente de executie

În prezenta etapă urmează să se inițializeze lucrările de proiectare a sistemului de conversie a energiei eoliene de 200 kW prin stabilirea efectivă a soluțiilor constructive și a dimensiunilor principale, a detaliilor care definesc soluțiile de conversie și a materialelor și componentelor ce urmează a fi utilizate. Etapa are un caracter parțial care rezulta din sectionarea etapei II din contractul inițial în două semi-etape cu același conținut, etapa curentă având un caracter de inițializare a proiectării produselor componente și a SDV-urilor aferente.

În cadrul acestei etape sunt prezentate elemente de proiectare pentru generatorul sincron cu magneți permanenți de 200 kW la 33 rpm atât sub aspectul calculului de proiectare electromagnetică pentru determinarea și fundamentarea dimensiunilor principale cât și a modelării numerice aferente, mergând până la determinarea, din soluții de câmp electromagnetic bazat pe analiză neliniară, a principalelor caracteristici de funcționare în gol, scurtcircuit și sarcină.

Pentru realizarea generatorului, plecand de la solutia constructiva avuta in vedere, sunt nominalizate principalele dispozitive necesare, atat din punct de vedere al realizarii reperelor esentiale (sectoare de tola stantate) cat si de montaj si incercare (dispozitive de montaj a pachetelor de magneti permanenti, dispozitive de montaj general a rotorului in stator, reductorul de turatie necesar pentru incercarea la stand in sarcina) pentru care sunt elaborate fise de proiectare.

4. Rezumatul fazei (maxim 2 pagini)

Prezenta lucrare răspunde cerințelor aferente etapei II a proiectului 22-119 (Sistem complet de conversie a energiei eoliene de 200 kW la 33 rot/min cu conectare la sistemul energetic) cu referire la elaborarea parțială a proiectelor de execuție pentru componentele sistemului precum și a SDV-urilor minimale necesare pentru realizare și testare.

Așa cum rezulta din planul de realizare actualizat, etapa curentă este cu caracter parțial, reprezentând partea I din etapa inițială de proiectare, înainte de actul adițional din martie a.c., aferentă creditului de angajament acordat pentru anul 2009. Ca urmare, atât proiectul de produs cât și proiectul dispozitivelor aferente se raportează în această etapă parțială, urmând ca întregul proiect să fie raportat în etapa III cu termen Iunie 2010.

În urma elaborării proiectării parțiale a componentelor echipamentului care face obiectul contractului și anume generator sincron lent cu magneti permanenți, invertor cu conectare la rețea, stalp și motor eolian tri-pal și accesorii, rezulta următoarele concluzii de etapă:

4.1. Există posibilitatea tehnică de realizare în țară, în cadrul proiectului, a unui sistem eolian complet de 200 kW/33 rpm care, montat într-o locație definită să producă energie electrică trimisă în rețeaua de joasă tensiune la parametri de calitate necesari conform reglementărilor în vigoare

4.2. Pentru aceasta, motorul eolian va fi realizat sub forma unei turbine eoliene tripale din fibra de sticlă și carbon armată cu un diametru exterior al rotorului de 30 m, montajul în butucul turbinei având prevăzut sistemul de control al pasului elicei (pitch control) în vederea adaptării necesare între viteza vântului și puterea mecanică efectiv convertibilă. Fibra de sticlă și carbon, material care se găsește și prelucrează ușor, are avantajul că are proprietățile mecanice necesare, inclusiv sub aspectul protecției împotriva coroziunii (cu importanță majoră în aplicațiile „off shore” dar nu numai)

4.3. Turbina eoliană este cuplata direct cu un generator sincron lent cu magneti permanenți de joasă turatie („low speed, direct drive”) astfel încât urmează să fie evitată utilizarea unui multiplicator de turatie care se practică în unele aplicații. Avantajul cuplării directe constă pe de o parte în eliminarea din lanțul cinematic a unui echipament complex, pretentios și scump, necesitând întreținere periodică, iar pe de altă parte în creșterea eficienței energetice astfel încât o mai mare parte din energia eoliană poate fi convertită în energie electrică. Trebuie menționat că un avantaj colateral dar nu lipsit de importanță este eliminarea zgomotului multiplicatorului realizat cu roți dintate. Dimensiunile principale stabilite prin proiectare în această etapă sunt diametrul interior 2.2 m și lungimea 0.4 m, numărul de creștături statorice 144, numărul de perechi de poli 60.

4.4. Pentru injectarea puterii electrice în rețeaua de joasă tensiune proiectul are în vedere realizarea unui invertor comandat, sincronizat cu rețeaua, cu elemente semiconductoare de tip IGBT, având în circuitul intermediar un

echipament de tip chopper ridicător, necesar compensării variației tensiunii date de generatorul sincron pe de o parte datorită variației de turată (ca urmare a vitezei variabile a vântului) respectiv datorită sarcinii (puterea trimisă în rețea). Controlul deschiderii supapelor electronice ale invertorului se va face printr-o buclă de reglare cu elemente de intrare viteză vântului și viteză de rotație a turbinei eoliene, proporțională cu frecvența marșurilor electrice ale generatorului sincron.

4.5. Stâlful ca parte esențială a construcției se proiectează într-o structură circulară, din beton armat ridicat prin tehnologia cofrării glisante, cu scară interioară de inspectare a nacei și echipamentelor de la partea superioară. Stâlful este prevăzut în etapa de montaj cu propriile sisteme de ridicare care să permită ridicarea și montarea motorului eolian și a generatorului sincron.

4.6. La parterul stâlfului se amplasează echipamentele statice (invertorul, filtrele, transformatorul de adaptare precum și sistemele de conectare și de protecție), legătura electrică dintre generatorul sincron și invertor fiind asigurată prin cablu trifilar coborât prin interiorul stâlfului de susținere.

4.7. În etapa următoare a lucrării de cercetare (iunie 2010) se vor finaliza activitățile de proiectare a modelului experimental de echipament și a dispozitivelor necesare realizării fizice a acestor componente, și se vor demara acțiunile de achiziție a echipamentelor auxiliare necesare realizării fizice a sistemului eolian.

5. Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor etapei

5.1. Proiectare la nivel de modele experimentale a componentelor sistemului de conversie a energiei eoliene (generator sincron lent, inverter static, motor eolian cu accesorii și stilp de susținere) - partea I (Activitatea II.1 din planul de realizare)

5.1.1. Date initiale de proiectare și condițiile de interfata între subsistemele componente (elemente de tema de proiect)

Tema de proiectare pentru sistemul de conversie a energiei eoliene a fost elaborată în etapa 1 a proiectului ca urmare a elaborării stadiului care a inițiat cercetarea. Subsistemele componente au fost analizate în detaliu sub toate aspectele care definesc interdependența lor funcțională și în urma acestei analize au rezultat elementele care sunt prezentate succint în continuare.

Denumire: Sistem de conversie a energiei eoliene cu conectare la rețea tip WECSYS – W 200, cu următoarea componentă:

a. Motor eolian tripal, cu lagare proprie, cu următoarele caracteristici de bază:

Număr pale:	3
Sensul de rotație:	Conform acelor de ceasornic
Diametrul rotorului:	32 m
Lungimea unei pale:	15,40 m
Suprafața palei:	16 mp
Greutatea palei:	350 kg
Torsionarea:	12,9°
Profil:	NACA 63xxxx
Diametrul cercului de fixare:	0,82 m
Coarda minimă:	0,45 m
Coarda maximă:	1,43 m
Protecție la trăsnet:	Da
Unghiul conului de rotație:	3°
Conexiune:	28 x M 24
Puterea maximă (la 12 m/s):	298 kW
Cuplu maxim:	60 kN
Turația nominală:	33 rot/min.
Îmbinare:	Rulmenți cu un singur rând de role, în X, cu dantură interioară sau fără

b. Stalpul de sustinere, cu urmatoarele caracteristici:

Material:	Beton armat turnat cu cofraj glisant
Forma:	Cilindru cu diametru constant pe toată lungimea
Înălțime:	35 m (în funcție de condițiile de la locul de amplasament)
Diametrul exterior:	2,60 m
Diametrul interior:	2,10 m
Grosimea peretelui:	0,25 m

c. Nacela

Șasiu:	Profile metalice
Învelitoare:	Materiale compozite pe bază de fibră de sticlă
Lungime:	5,50 m
Lățime:	2,60 m
Înălțime:	2,60 m
Dispozitiv de rotire:	Rulment cu role pe un singur rând, montate încrucișat, cu dantură exterioară

d. Generatorul sincron, cu lagaruire proprie, cu urmatoarele caracteristici de baza:

Tip: generator sincron lent, cu actionare directa, cu magneti permanenti

Conditii tehnice principale:

Putere nominala	200 kW
Turatie nominala	33 rpm
Tensiune nominala	690 V
Randament nominal	94.5 %
Numar de faze	3, conexiune Y sau combinatie Y/Δ
Numar terminale	9
Frecventa nominala	33 Hz
Tipul sarcinii: redresor/invertor comandat	
Cuplu static parazit de pulsatie	2% max

Conditii de fiabilitate si mentenanta

MTBF	87.600 ore la 30°C
Durata de viata	20 ani
Nu necesita intretinere cu exceptia controlului periodic si lubrifierii lagarelor	

Conditii de mediu ambiant

Temperatura mediului:	-40°C pina la +50°C
Umiditate	95% (la 30°C)
Grad de protectie	IP54
Zona seismica	4
Altitudine	1500 m (max)

Dimensiuni de gabarit si montaj

Conform desenului atasat

Masa estimata

5800 kg

Detalii constructive:

Sistem de fixare: pe talpi, total 6 gauri $\Phi 40$ mm

Capat de ax: $\Phi 260$ mm/lungime 500 mm cu pana paralela 32/250 mm; filetat interior M48/160 mm

Carcasa si scuturi in constructie sudata, din otel, cu nervuri de consolidare, fixare cu suruburi

Iesire terminale (cablu trifilar 3×63 mm²) – optional, lateral prin scutul B sau prin carcasa, sus, lateral sau jos.

Sistem magnetic: masina multipolara in constructie clasica cu stator exterior (tabla electrotehnica tip M530) si rotor de tip butuc cu magneti de tip NdFeB lipiti pe suprafata, diametru interior 2200 mm, lungime pachet 400 mm, numar de crestaturi statorice $Z=144$, numar de poli $2p=120$.

Lagaruire (codificare SKF):

-partea A: rulment cu role $\Phi 140/ \Phi 300/102$ mm (NJG 2328 VH)

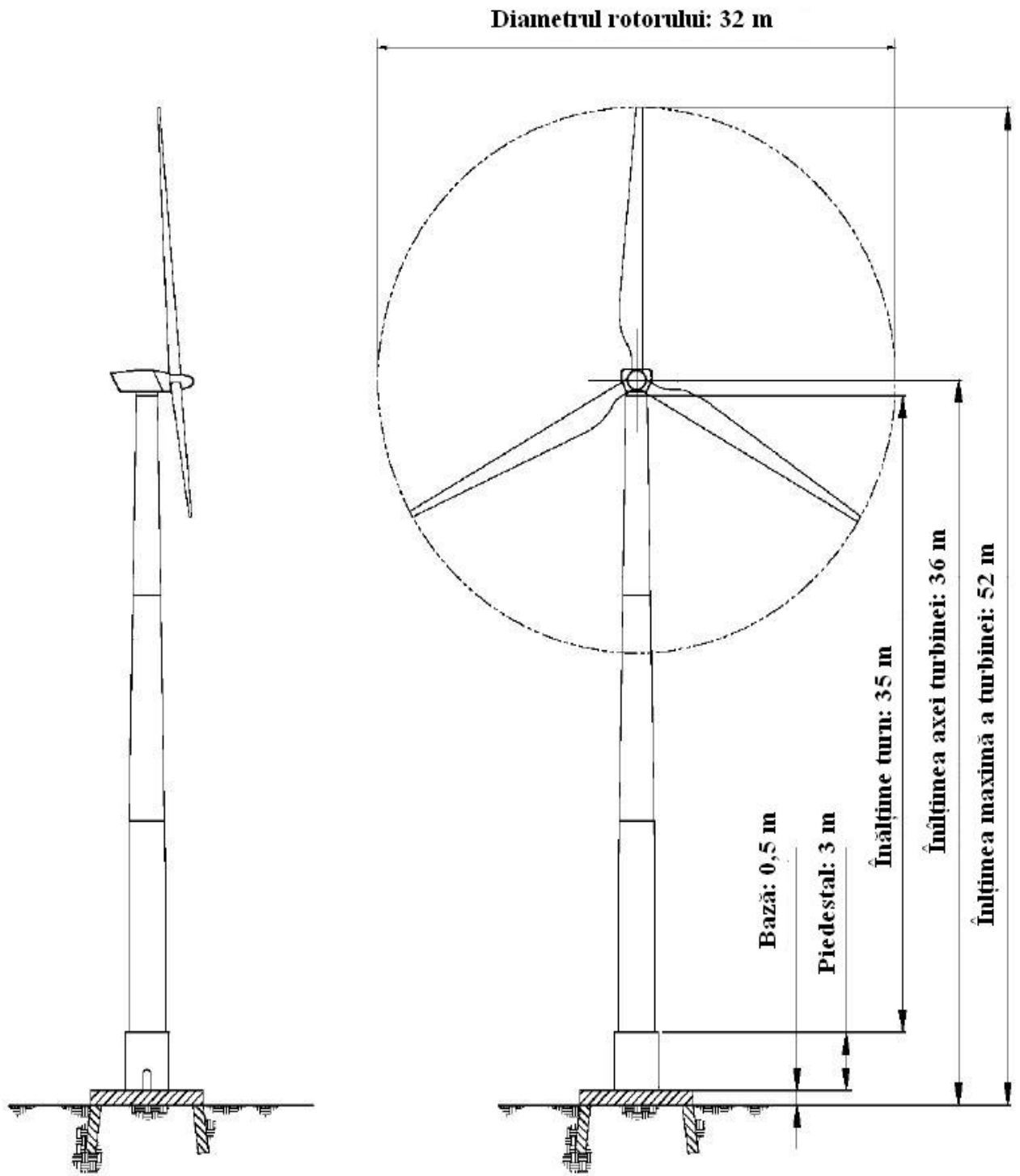
-partea B: rulment cu bile axial radial $\Phi 140/ \Phi 300/124$ mm (7328 BCB)

Protectie anticoroziva: vopsire

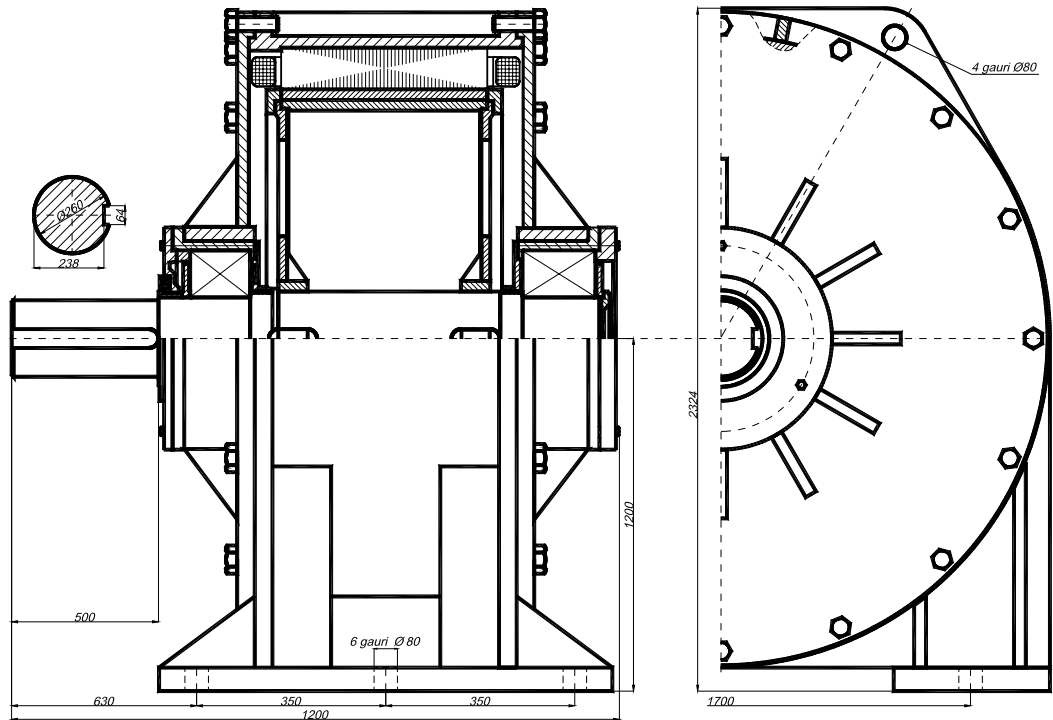
e. Invertor trifazat pentru conectare la retea

Caracteristici tehnice:

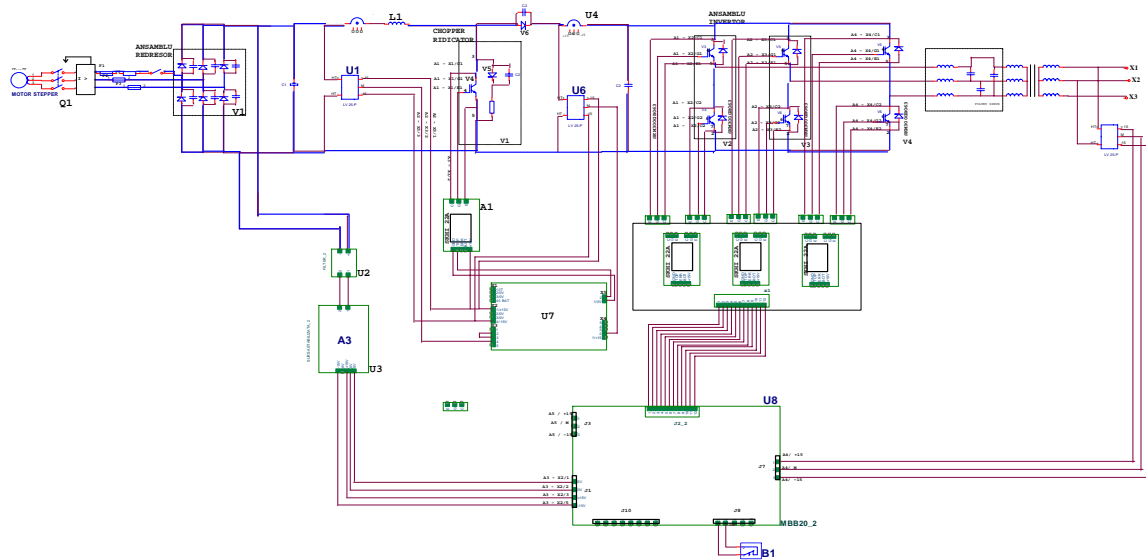
- | | |
|---|------------------------------|
| • Tensiunea de intrare furnizată de generator | 3 x 690 V |
| • Frecvența tensiunii de intrare | 20Hz-35 Hz |
| • Puterea | 200 kW |
| • Tensiunea de ieșire | $3 \times 400V_{ca} \pm 5\%$ |
| • Frecvența tensiunii de ieșire | 50Hz ± 1 Hz |



WECSYS W - 200 Prezentare schematică



Generator sincron lent cu magneti permanenti, desen de gabarit si montaj



Echipment electronic de cuplare la retea (grup redresor/invertor comandat)

5.1.2. Proiectare partiala a componentelor sistemului de conversie a energiei eoliene de 200 kW/33 rpm

Lucrarile de proiectare, cu caracter partial, sunt repartizate pe partenerii la proiect in conformitate cu planul de realizare al proiectului, modificat cfm actului aditional nr.2 din martie 2009. In principal in aceasta etapa au fost puse bazele proiectului prin calcule cu caracter general care sa incadreze solutiile constructive din punct de vedere al dimensiunilor principale, stabilirea materialelor active utilizate, determinarea caracteristicilor de functionare, definitivarea conditiilor de interfata si montaj si verificari necesare pentru incadrarea in performantele cerute in tema.

Lucrarile de proiectare partiala, asa cum au fost elaborate de partenerii din consortiu, au un caracter de sine statator si sunt prezentate in anexele 8.1 – 8.4 ale prezentei lucrari de etapa dupa cum urmeaza:

8.1. Proiectare la nivel de model experimental a generatorului sincron lent si a SDV-urilor aferente - partea I (CO – ICPE-ME)

8.2. Proiectare la nivel de model experimental a motorului eolian cu accesorii si stilp de sustinere, inclusiv SDV-uri, partea I (P3-ROMSERV)

8.3. Proiectare la nivel de modele experimentale a invertorului static, inclusiv SDV-uri, partea I (P1-SAERP)

8.4. Proiectare la nivel de modele experimentale a generatorului sincron lent, partea I (P2-UPB-ECEE)

În etapa următoare a lucrării de cercetare (iunie 2010) se vor finaliza activitățile de proiectare a modelului experimental de echipament și a dispozitivelor necesare realizării fizice a acestor componente, și se vor demara acțiunile de achiziție a echipamentelor auxiliare necesare realizării fizice a sistemului eolian.

5.2. Proiectare elemente auxiliare de fabricație și testare (SDV-uri, echipamente de testare) - partea I (Activitatea II.2 din planul de realizare)

Odata cu proiectarea produsului, este necesara elaborarea proiectelor pentru o serie de scule, dispozitive si echipamente de verificare care urmeaza a fi utilizate pentru fabricatia, respectiv pentru testarea componentelor modelului experimental de echipament complet eolian. Desigur ca in mod firesc si necesar proiectarea SDV-urilor urmeaza dupa definitivarea proiectului de produs astfel ca sectionarea etapei II in doua etape, dintre care prima, cea curenta, cu caracter partial, conduce la o elaborare in primul rand a proiectului de produs si, cu o pondere mai redusa, a proiectului de SDV-uri. Totusi, inca din aceasta etapa au fost gandite si schitate, la nivel de tema, acele elemente auxiliare strict necesare fabricatiei produsului.

Pentru exemplificare, SDV-urile minimale avute in vedere pentru fabricatia si testarea generatorului eolian de 200 kW/33 rpm sunt urmatoarele:

a. Matrita de stantare a segmentului de tole pentru sistemul magnetic al statorului. Elementul de circuit magnetic al statorului urmeaza a fi un sector de coroana circulara (segment) care contine 6 dinti (crestaturi) din cei 144 de dinti (crestaturi) ale statorului complet, ceea ce inseamna ca un strat complet al circuitului magnetic al statorului va fi format din 24 de sectoare, fiecare avand deschiderea unghiulara

de 15°, intreteserea fiind realizata prin acoperire succesiva a fiecarui strat cu jumătate de segment.

b. Dispozitiv de asamblare a unui element unitar al sistemului magnetic compozit din rotor, format din placa feromagnetica de baza si talpa feromagnetica intre care se amplaseaza magnetii permanenti modulari. Un asemenea element urmeaza sa aiba 42 cm lungime cu magneti paralelipipedici de dimensiuni 43mm x 70 mm x 18 mm (magnetizare in directia dimensiunii de 18 mm). In total vor fi 120 de elemente, corespunzator numarului de poli ai masinii, magnetizarea fiind alternanta spre tapla polara sau dinspre talpa polara (50% poli nord, 50% poli sud).

c. Dispozitiv de montare a elementelor unitare ale sistemului magnetic compozit pe scaunele frezate la periferia exterioara a butucului rotor, realizat dintr-un bloc de material ne-feromagnetic, cu fixare pe butucul rotor, pentru ghidarea si asezarea cu controlul fortelor de atractie, a pachetelor cu magneti permanenti, pana la fixarea acestora in butuc cu suruburi ne-feromagnetice pentru reducerea fluxurilor de scapari.

d. Dispozitiv de centrare a butucului rotor in raport cu periferia interioara a statorului impachetat si bobinat, pe perioada introducerii pachetelor compozite cu magneti permanenti.

e. Dispozitiv de centrare a rotorului in care s-au montat magnetii permanenti in raport cu statorul impachetat si bobinat, pe perioada montajului final al scutului superior si asamblarea acestuia cu carcasa.

f. Dispozitive (sabioane) de bobinaj in vederea realizarii infasurarii concentrate pe dintii statorici.

g. Dispozitiv de incercare a generatorului in vederea reducerii turatiei (reductor cu roti dintate) de la circ 2000 rpm (turatia dinamofranei de actionare) pana la turatia nominala de incercare de 33 rpm, dimensionat la puterea nominala de 200 kW. Acest reductor urmeaza a fi procurat prin achizitie sau inchiriat pentru perioada de timp necesara incercarilor de casa.

Detalii tehnice si elemente de proiectare pentru aceste SDV-uri precum si pentru altele, necesare celorlalte componente ale sistemului eolian, sunt prezentate in anexele 8.1 – 8.4.

6. Concluzii de etapa

Prezenta lucrare răspunde cerințelor aferente etapei II a proiectului 22-119 (Sistem complet de conversie a energiei eoliene de 200 kW la 33 rot/min cu conectare la sistemul energetic) cu referire la elaborarea partiala a proiectelor de executie pentru componentele sistemului precum si a SDV-urilor minimale necesare pentru realizare si testare.

Asa cum rezulta din planul de realizare actualizat, etapa curenta este cu caracter partial, reprezentand partea I din etapa initiala de proiectare, inainte de actul aditional din martie a.c., aferenta creditului de angajament acordat pentru anul 2009. Ca urmare, atat proiectul de produs cat si proiectul dispozitivelor aferente se raporteaza in aceasta etapa partial, urmand ca intregul proiect sa fie raportat in etapa III cu termen Iunie 2010.

In urma elaborarii proiectarii partiala a componentelor echipamentului care face obiectul contractului si anume generator sincron lent cu magneti permanenti,

invertor cu conectare la retea, stalp si motor eolian tri-pal si accesorii, rezulta urmatoarele concluzii de etapa:

6.1. Exista posibilitatea tehnica de realizare in tara, in cadrul proiectului, a unui sistem eolian complet de 200 kW/33 rpm care, montat intr-o locatie definita sa produca energie electrica trimisa in reseaua de joasa tensiune la parametri de calitate necesari conform reglementarilor in vigoare

6.2. Pentru aceasta, motorul eolian va fi realizat sub forma unei turbine eoliene tripale din fibra de sticla si carbon armata cu un diametru exterior al rotorului de 30 m, montajul in butucul turbinei avand prevazut sistemul de control al pasului elicei (pitch control) in vederea adaptarii necesare intre viteza vantului si puterea mecanica efectiv convertibila. Fibra de sticle și carbon, material care se găsește și prelucrează ușor, are avantajul ca are proprietatile mecanice neceare, inclusiv sub aspectul protecției împotriva coroziunii (cu importanță majoră în aplicațiile „off shore” dar nu numai)

6.3. Turbina eoliana este cuplata direct cu un generator sincron lent cu magneti permanenti de joasa turatie („low speed, direct drive”) astfel incat urmeaza sa fie evitata utilizarea unui multiplicator de turatie care se practica in unele aplicatii. Avantajul cuplarii directe consta pe de o parte in eliminarea din lantul cinematic a unui echipament complex, pretentios si scump, necesitand intretinere periodica, iar pe de alta parte in cresterea eficientei energetice astfel incat o mai mare parte din energia eoliana poate fi convertita in energie electrica. Trebuie mentionat ca un avantaj colateral dar nu lipsit de importanta eliminarea zgomotului multiplicatorului realizat cu roti dintate. Dimensiunile principale stabilite prin proiectare in aceasta etapa sunt diametrul interior 2.2 m si lungimea 0.4 m, numarul de crestaturi satorice 144, numarul de perechi de poli 60.

6.4. Pentru injectarea puterii electrice in reseaua de joasa tensiune proiectul are in vedere realizarea unui invertor comandat, sincronizat cu reseaua, cu elemente semiconductoare de tip IGBT, avand in circuitul intermediar un echipament de tip chopper ridicator, necesar compensarii variatie tensiunii date de generatorul sincron pe de o parte datorita variatiei de turatie (ca urmare a vitezei variabile a vantului) respectiv datorita sarcinii (puterea trimisa in retea). Controlul deschiderii supapelor electronice ale invertorului se va face printr-o bucla de reglare cu elemente de intrare viteza vantului si viteza de rotatie a turbinei eoliene, proportionala cu frecventa marimilor electrice ale generatorului sincron.

6.5. Stalpul ca parte esentiala a constructiei se proiecteaza intr-o structura circulara, din beton armat ridicat prin tehnologia cofrarii glisante, cu scara interioara de inspectare a nacelei si echipamentelor de la partea superioara. Stalpul este prevazut in etapa de montaj cu propriile sisteme de ridicare care sa permita ridicarea si montarea motorului eolian si a generatorului sincron.

6.6. La parterul stalpului se amplaseaza echipamentele statice (invertorul, filtrele, transformatorul de adaptare precum si sistemele de conectare si de protectie), legatura electrica dintre generatorul sincron si invertor fiind asigurata prin cablu trifilar coborator prin interiorul stalpului de sustinere.

6.7. În etapa următoare a lucrării de cercetare (iunie 2010) se vor finaliza activitatile de proiectare a modelului experimental de echipament si a dispozitivelor necesare realizarii fizice a acestor componente, si se vor demara actiunile de achizitie a echipamentelor auxiliare necesare realizarii fizice a sistemului eolian.

7. BIBLIOGRAFIE GENERALA

1. The Energy Charter Treaty, 1994, OJ no L69 9.03.1998
2. White Paper "Preparation of the Associated Countries of Central and Eastern Europe for Integration into the Internal Market of the Union", European Commission, COM (1995)163 final, May 1995
3. Directive 96/92/EC of the European Parliament and the Council concerning common rules for the internal market in electricity
4. Directive 98/30/EC of the European Parliament and the Council concerning common rules for the internal market in gas
5. Green Paper "Towards a European strategy for the security of energy supply", COM/2000/0769 final, Nov. 2000
6. Shaping a new Europe, COM(2000)254 final
7. Final report on the Green Paper "Towards a European strategy for the security of energy supply", COM(2002)321 final, Iulie 2002
8. Candidate Countries: Import Dependency, Directorate for Energy and Transport, Energy and Transport in Figures – 1998
9. Report to the Council and the European Parliament on Harmonization
10. Requirements: Directive 98/30/EC on common rules for the internal market in natural gas", COM (1999)612
11. Recent progress with Building the Internal Electricity market, COM (2000) final
Communication on Completion of the Internal Market in Energy, COM (2001)125 final
12. First report on the implementation of the internal electricity and gas market, SEC(2001)1957
13. European Energy Infrastructure, COM (2001)
14. An Internal Market in Energy, COM (2000)4(9)
15. Enlargement of the European Union – Guide to the Negotiations Chapter by Chapter, European Commission, 2002
16. Peer - Review Status Report, Council of the European Union, 9601/02, 2002
17. Regular Reports on Romania's progress towards accession, European Commission, 1998, 1999, 2000, 2001 și 2002
18. Competition in Energy Markets – Law and regulation in the European Union, Peter Cameron, 2002
19. Energy Policy in the European Union, Janne Haaland Matlary, 1997
20. Pinning hopes on renewable energies, Josef Auer, Deutsche Bank Research, 2001
21. Enlargement poses big challenges to European energy policy, Josef Auer, Deutsche Bank Research, 2002
22. EU Energy Policy and Future European Energy Markets - Consequences for the
23. Central and East European States, Margarita M. Balmaceda, Mannheimer Zentrum fur Europaische Sozialforschung, Working Paper
24. Considerations on the reform of the power sector, Ionuț Purica, revista Millenium III nr.5 - "A workshop of ideas and projects for European integration and global civilization"
25. Strategia națională de dezvoltare energetică a României pe termen mediu 2001 – 2004, iunie 2001
26. Strategia de dezvoltare energetică a României pe termen lung 2002 – 2015
27. Slootweg, J. G., de Haan, S. W. H., Polinder, H., and Kling, W. L. 'Voltage Control Methods with Grid Connected Wind Turbines: a tutorial review'. Wind Engineering. Vol. 25, no. 6. 2001, pp. 353-365.
28. Zinger, D. S. and Muljadi, E. 'Annualized Wind Energy Improvement Using Variable Speeds'. IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 33, no. 6. November-December 1997, pp. 1444-1447.
29. Hoffmann, R. and Mutschler, P. 'The Influence of Control Strategies on the Energy Capture of Wind Turbines'. 2000 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Rome, 8-12 October, 2000.

30. Slootweg, J. G. and Kling, W. L. 'Modelling and Analysing Impacts of Wind Power on Transient Stability of Power Systems', Wind Engineering. Vol. 26, no. 1, 2002, pp. 3-20.
31. Slootweg, J. G. and de Vries, E. Fault response of wind turbines, Energietechnik, Vol. 80, no.7/8, July/August 2002, pp 32-36 (in Dutch).
32. Slootweg, J. G., Polinder, H., and Kling, W. L. 'Dynamic Modelling of a Wind Turbine with Direct Drive Synchronous Generator and Back to back Voltage Source Converter and its Controls'. 2001 European Wind Energy Conference and Exhibition. Copenhagen, Denmark. 2-6 July 2001.
33. Slootweg, J. G., Polinder, H., and Kling, W. L. 'Dynamic Modelling of a Wind Turbine with Doubly Fed Induction Generator'. 2001 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Vancouver, Canada, 15-19 July 2001.