

GECOEOL - Program 4 - Proiect 21-022/14.09.2007

Componente electrotehnice pentru centrale eoliene de putere medie (200-800kW)

Acronim: GECOEOL

Contract: 21-022 /14.09.2007

Autoritate Contractantă: Centrul National de Management Programe;

Program: 4 - Parteneriate in domeniile prioritare;

Directia de cercetare: 2 – Energie;

Tipul proiectului: PC;

Perioada de derulare: 14.09.2007 - 15.09.2009

Contractor: INCDIE ICPE-CA;

Director de proiect: Prof dr. Ing. Constantin Bala

Parteneri:

Institutul de Cercetari pentru Actionari Electrice ICPE - ACTEL – Cofinantator;

Hydro-Engineering Resita – Cofinantator;

Comitetul Electrotehnic Roman CER.

Obiectivele generale ale proiectului:

Obiectiv general

- Creșterea competitivității CD in domeniul conversiei energetice eolian-electric prin identificarea unui parteneriat de înalta competenta in acest domeniu prioritar cu concretizare în dezvoltarea de produse
- Elaborarea de tehnologii inovative de complexitate interdisciplinara (centrale specifice si tehnologii de exploatare)
- Crearea mecanismelor de implementare atat a fabricatiei componentelor electrotehnice specifice centralelor eoliene, cat si a promovarii in utilizare.

Obiective derivate

- Creșterea competenței tehnologice și promovarea transferului de cunoștințe și tehnologii în domeniul conversiei energetice eolian-electric, în condiții de calitate, siguranță, cu respectarea principiului dezvoltării durabile;
- Crearea de produse, și tehnologii curate în domeniul conversiei energetice eolian-electric.

Schema de realizare a proiectului:

2007 - Etapa I - Studiu si cercetari aplicative de noi solutii tehnologice si functionale pentru generatoarele electrice cu magneti permanenti, utilizate la constructia centralelor eoliene - perioada: 14.09.2007 - 15.12.2007;

2008 - Etapa II - Elaborarea proiectelor, realizare si experimentare a unor modele fizice scara 1:1, apte sa contribuie la actiuni demonstrative, precum si la diseminarea rezultatelor - perioada: 15.12.2007 - 12.06.2008;

2009 - Etapa III - Definitivarea proiectelor si realizarea modelului fizic.- perioada: 12.06.2008 - 15.01.2009;

2009 - Etapa IV - Experimentarea modelului fizic si comunicarea rezultatelor la manifestari stiintifice si elaborarea rapoartelor finale - perioada: 15.01.2009 - 15.09.2009;

Modalitățile de valorificare a rezultatelor - potențiali beneficiari

Pentru valorificarea rezultatelor se au in vedere, in principal, doua directii:

- diseminarea pe scara larga si introducerea in fabricatia de serie a generatorului electric cu magneti permanenti si a convertizorului static de frecventa in solutia constructiva propuse si studiate in cadrul proiectului;
- promovarea solutiilor dezvoltate in proiect in sfera constructorilor de centrale eoliene de puteri medii si prezentarea particularitatilor constructive si a avntajelor economice si tehnice in raport cu alte solutii cunoscute pana in prezent.

1. Impactul economic al proiectului se reflecta pe de o parte in efectul financiar al exploatarii centralei eoliene realizate, respective al energiei electrice furnizate, iar pe de alta parte in perspective pe care o deschide extinderea fabricatiei unor astfel de centrale de diferite puteri instalate (cu beneficii la producator) si exploatarea lor pe scara larga (utilizarea locala si injectie in rețeaua nationala de energie electrica obtinuta dela surse „reinoibile”).

2. Impactul social al proiectului, efectul social al proiectului are loc în special în zonele unde se fac astfel de amenajări, prin degrevarea bugetelor locale și individuale de o parte importantă a costurilor cu energia electrică, precum și cu venituri concrete provenite din injectia de energie electrică în rețeaua națională. De asemenea prin investiția în asemenea proiecte se are în vedere și crearea unor noi locuri de muncă necesare pentru fabricația componentelor, lărgirea bazei de componente cu produse realizate în țara noastră, instalării centralelor eoliene, exploatarea și întreținerii unor astfel de instalații.

3. Impactul asupra mediului prezintă o pondere importantă: producerea de energie electrică printr-un procedeu de conversie "prietenos", total nepoluant, precum și contribuția amenajărilor la folosirea energiei eoliene pentru sporirea energiei eoliene obținută de la surse regenerabile.

Prezentare proiect

2007 - Etapa I - Studiu și cercetări aplicative de noi soluții tehnologice și funcționale pentru generatoarele electrice cu magneti permanenți, utilizate la construcția centralelor eoliene - Perioada: 14.09.2007 - 15.12.2007

În perioada din urmă au fost publicate o serie de studii și încercări pentru elaborarea de noi componente electrotehnice pentru centralele eoliene având ca obiectiv simplificarea construcției generatoarelor sincrone trifazate, cuplate direct cu turbine eoliene, eliminându-se astfel amplificatorul de turație și promovarea utilizării convertorului static de frecvență pentru adaptarea parametrilor puterii electrice furnizate de generator la parametrii receptorului; totodată s-au promovat în numeroase soluții constructive, utilizarea magnetilor permanenți pentru producerea câmpului magnetic inductor din mașină, înlocuindu-se înfășurarea de excitație a generatorului electric.

În cadrul cercetărilor întreprinse în această etapă a fost dezvoltată o soluție nouă pentru generatorul electric realizat într-o construcție polifazăată și asociat cu redresorul electric, componenta a convertorului static de frecvență, obținându-se astfel puterea electrică în curent continuu; soluția adoptată asigură conversia electromecanică a energiei prin procedeu de la mașina de curent continuu care este mai eficient decât procedeu clasic de la generatorul sincron. Prin această soluție se simplifică tot odată legătura electrică dintre generator și inverterul static.

Generatorul electric studiat este realizat cu armături cilindrice concentrice, cu întrefier radial și are o construcție normală (statorul formează indusul mașinii și este așezat în exterior, iar rotorul formează inductorul) cu sistemul de excitație heteropolar format din magneti permanenți montați în rotor. Se elimină în acest mod excitația de curent continuu, pierderile Joule asociate cu această excitație, sursa de alimentare a înfășurării de excitație, se reduce încălzirea medie a mașinii, crește fiabilitatea sistemului care nu mai are în componența sa excitația de curent continuu cu colector și perii de contact, se elimină sursa de alimentare în curent continuu a înfășurării de excitație și crește randamentul generatorului cu 0.3 - 5%.

Au fost analizate două sisteme constructive ale inductorului:

- soluția cu magnetii permanenți aplicați direct pe jugul rotorului și fixați prin lipire cu adezivi speciali (și prin aplicarea unui bandaj la exterior pentru consolidare sigură, la generatoarele cu turație mare >100 rpm);

- soluția cu magnetii permanenți așezați în locul bobinelor polare de excitație a rotorului și prevederea unui suport neferomagnetic între sistemul de poli și butucul rotorului; în acest fel se asigură prin bolțuri de prindere a magnetilor care conferă o stabilitate mecanică superioară a sistemului de componente constructive ale rotorului.

Această ultimă soluție este mai complicată constructiv și potivă îndeosebi generatoarelor sincrone de turație mare, la care forțele mecanice centrifuge ce se exercită asupra magnetilor sunt foarte mari. Studiul a fost orientat pentru generatoarele sincrone lente cu turația nominală joasă turația între 5 - 25 rotații/minut, cuplate direct cu turbina eoliană, eliminând astfel amplificatorul de turație (gearbox) - componentă caracterizată de o fiabilitate scăzută pentru condițiile speciale de funcționare ale turbinei eoliene cu șocuri mari de cuplu.

Generatoarele electrice cuplate direct cu turbina eoliană produc o putere electrică cu tensiune și frecvență variabile datorită condițiilor de exploatare optimă a motorului de antrenare (turbina eoliană); acești parametri: tensiunea și frecvența variază proporțional cu turația rotorului. Pentru conversia statică a puterii electrice de la generatorul asociat cu redresorul se utilizează un inverter special pentru conversia frecvenței și tensiunii variabile în parametri constanți ceruți de receptor sau de rețeaua electrică de interconexiune.

În țara noastră se află o dotare industrială importantă pentru fabricarea mașinilor electrice pentru acționări industriale și pentru centralele electrice precum și specialiști cu o pregătire superioară pentru proiectare, fabricația și exploatarea mașinilor electrice normale; nu s-a trecut încă la asimilarea

componentelor electrice pentru centralele eoliene, care au o configurație specială și pun alte probleme de optimizare a produsului și a exploatarea acestora.

Tema de cercetare a acestui proiect are la bază cerința de a se lărgi gama de produse industriale în domeniul componentelor electrotehnice pentru energia eoliană și a veni în întâmpinarea solicitării de a se trece neîntârziat la studiul, proiectarea și asimilarea acestor produse cu parametri economici superiori, valorificând și "avantajele ultimului sosit" în acest proces.

O altă componentă necesară în centralele eoliene o formează convertorul static de frecvență și tensiune, cu particularități funcționale, conferite de schema electrică și componentele electronice folosite. Spre deosebire de convertoarele statice de frecvență și tensiune utilizate în acționările electrice industriale care necesită reglajul tensiunii la valori până la tensiunea nominală a rețelei de alimentare, convertoarele statice asociate cu generatoarele eoliene trebuie să ofere și posibilitatea creșterii tensiunii în raport cu tensiunea la bornele generatorului. În acest scop se pot utiliza convertoare speciale a căror proiectare și funcționare se afla încă în faza de definitivare a cercetării științifice. În decursul acestei etape au fost stabilite posibilitățile de realizare a convertorului static de frecvență care să îndeplinească această funcțiune suplimentară.

În această perioadă s-au întreprins investigații în literatura de specialitate pentru aflarea preocupărilor noi pentru optimizarea soluțiilor și creșterea fiabilității echipamentelor electrotehnice pentru centralele eoliene.

Se remarcă faptul constatată cu privire la lipsa documentației de normare și standardizare pentru componentele electrotehnice eoliene; unele surse de informare oferă informații parțiale pentru problemele înscrise în proiect.

Din analiza efectuată asupra lucrărilor de studiu și cercetare în această etapă se constată îndeplinirea activităților înscrise în planul de realizare.

Cu privire la tipurile constructive de generatoare electrice pentru generatoarele eoliene s-au analizat comparativ soluțiile cunoscute și aplicate până în prezent și s-au stabilit următoarele:

- echipare generatorului electric eolian lent (cuplat direct cu turbina eoliană) cu magneti permanenți pentru asigurarea producerii câmpului magnetic inductor în mașină, constituie o soluție posibilă de aplicat, eficiența și cu costuri reduse ale materialelor;
- prin aplicarea acestei soluții este de așteptat o creștere a fiabilității în funcționare a acestei centrale eoliene precum și o exploatare accesibilă prin promovarea sistemelor de automatizare și monitorizare dezvoltate pentru mașinile electrice;
- s-a asigurat pregătirea informațiilor și s-au efectuat calculele preliminare privind proiectele modelelor experimentale programate în etapele 2 și 3, precum și elaborarea tehnologiilor specifice de fabricație a generatoarelor electrice cu magneti permanenți;
- au fost stabilite tipurile de înfășurări pentru indusul polifazat și datele tehnice de execuție a acestora, ținând seama și de experiența industrială a unităților industriale în fabricația generatoarelor electrice din această familie;
- au fost studiate tipurile de convertizoare statice de frecvență și tensiune și s-a analizat posibilitatea realizării unei scheme în concepție proprie pentru un convertizor de frecvență și tensiune adecvat centralelor eoliene echipate cu generatoare electrice lente; modelul experimental preconizat a fi realizat în etapele următoare va pune în evidență caracteristicile tehnice și economice ale acestei soluții;
- lucrările publicate în domeniul generatoarelor eoliene cuprind informații limitate la aspectele generale constructive și economice iar normele și standardele internaționale pentru aceste tipuri de mașini nu au fost publicate încă; au fost asimilate informațiile referitoare la aspectele comune ale acestor generatoare cu generatoarele clasice.

2008 - Etapa II - Elaborarea proiectelor tehnice și de execuție a modelului fizic pentru generatorul cu magneti permanenți și convertorul static de frecvență pentru conectarea sistemului la rețeaua electrică; alegerea optimă a materialelor componente pentru generator și convertor 15.12.2007 - 12.06.2008

Generatorul electric proiectat va fi realizat cu armături cilindrice concentrice, cu întrefier radial și are o construcție normală (statorul formează indusul mașinii și este așezat în exterior, iar rotorul formează inductorul) cu sistemul de excitație heteropolar format din magneti permanenți montați în rotor. Se elimină în acest mod excitația de curent continuu, pierderile Joule asociate cu această excitație, sursa de alimentare a înfășurării de excitație, se reduce încălzirea medie a mașinii, crește fiabilitatea sistemului care nu mai are în componența sa excitația de curent continuu cu colector și perii de contact, se elimină sursa de alimentare în curent continuu a înfășurării de excitație și crește randamentul generatorului cu 0.3 - 5%.

Au fost analizate și comparate două sisteme constructive ale inductorului:

- soluția cu magneții permanenți aplicați direct pe jugul rotorului și fixați prin lipire cu adezivi speciali (și prin aplicarea unui bandaj la exterior pentru consolidare sigură, la generatoarele cu turație mare >100rpm);

- soluția cu magneții permanenți așezați în locul bobinelor polare de excitație a rotorului și prevederea unui suport neferomagnetic între sistemul de poli și butucul rotorului; în acest fel se asigură prin bolțuri de prindere a magneților care conferă o stabilitate mecanică superioară a sistemului de componente constructive ale rotorului.

Aceasta ultimă soluție este mai complicată constructiv și potrivită îndeosebi generatoarelor sincrone de turație mare, la care forțele mecanice centrifuge ce se exercită asupra magneților sunt foarte mari.

Proiectul a fost orientat pentru generatoarele sincrone lente cu turația nominală joasă turația între 5 - 25 rotații/minut, cuplate direct cu turbina eoliană, eliminând astfel amplificatorul de turație (gearbox) - componentă caracterizată de o fiabilitate scăzută pentru condițiile speciale de funcționare ale turbinei eoliene cu șocuri mari de cuplu.

O altă componentă proiectată pentru centralele eoliene o constituie convertorul static de frecvență și tensiune, cu particularități funcționale, conferite de schema electrică și componentele electronice folosite. Spre deosebire de convertoarele statice de frecvență și tensiune utilizate în acționările electrice industriale care necesită reglajul tensiunii la valori până la tensiunea nominală a rețelei de alimentare, convertoarele statice asociate cu generatoarele eoliene trebuie să ofere și posibilitatea creșterii tensiunii în raport cu tensiunea la bornele generatorului. În acest scop se pot utiliza convertoare speciale a căror proiectare și funcționare se afla încă în faza de definitivare a cercetării științifice. În decursul acestei etape au fost stabilite posibilitățile de realizare a convertorului static de frecvență care să îndeplinească această funcțiune suplimentară.

Soluțiile alese în cadrul proiectelor elaborate sunt compatibile cu posibilitățile tehnologice de fabricație și asigură stabilitatea mecanică și electrică în funcționare cu consumuri specifice de materiale reduse și realizarea integrală a caracteristicilor de funcționare specifice produselor studiate. În rezolvare problemelor de proiectare și calcul precum și în pregătirea documentelor tehnice de execuție s-au utilizat pachete de programe de calcul specializat pentru soluționarea problemelor mecanice și electromagnetice aflate în dotarea întregului consorțiu.

În cadrul lucrărilor întreprinse în această etapă a fost dezvoltată o soluție nouă pentru generatorul electric realizat într-o construcție polifazăată și asociat cu redresorul electric, componenta a convertorului static de frecvență, obținându-se astfel puterea electrică în curent continuu; soluția adoptată asigură conversia electromecanică a energiei prin procedeul de la mașina de curent continuu care este mai eficient decât procedeul clasic de la generatorul sincron. Prin această soluție se simplifică tot odată legătura electrică dintre generator și inverterul static.

Generatoarele electrice cuplate direct cu turbina eoliană produc o putere electrică cu tensiune și frecvență variabile datorită condițiilor de exploatare optimă a motorului de antrenare (turbina eoliană); acești parametri: tensiunea și frecvența variază proporțional cu turația rotorului. Pentru conversia statică a puterii electrice de la generatorul asociat cu redresorul se utilizează un inverter special pentru conversia frecvenței și tensiunii variabile în parametri constanți ceruți de receptor sau de rețeaua electrică de interconexiune.

La realizarea proiectului s-a folosit experiența și specializarea partenerului HIDRO ENGINEERING RESITA renumit pentru construcția hidrogeneratoarelor din România precum și cea a colectivelor de lucru de la ICPE-ACTEL care s-a dovedit a fi de înalt nivel în raport cu realizările europene obținând rezultate remarcabile în domeniul acționărilor electrice în care convertoarele statice de frecvență sunt de un înalt nivel tehnic.

Proiecte întocmite pentru construcția generatorului și a convertorului static de frecvență sunt compatibile cu tehnologiile și dotările industriale ale partenerilor constituind în acest mod siguranța de realizare a lucrărilor de execuție în termen și de bună calitate.

În țara noastră se află o dotare industrială importantă pentru fabricarea mașinilor electrice pentru acționări industriale și pentru centralele electrice precum și specialiști cu o pregătire superioară pentru proiectarea, fabricația și exploatarea mașinilor electrice normale; nu s-a trecut încă la asimilarea componentelor electrice pentru centralele eoliene, care au o configurație specială și pun alte probleme de optimizare a produsului și a exploatarea acestora.

Tema de cercetare a acestui proiect are la bază cerința de a se lărgi gama de produse industriale în domeniul componentelor electrotehnice pentru energia eoliană și a veni în întâmpinarea solicitării de a se trece neîntârziat la studiul, proiectarea și execuția acestor produse cu parametrii economici superiori, valorificând și "avantajele ultimului sosit" în acest proces.

2009 - Etapa III - Definitivarea proiectelor de execuție în corelație cu tehnologiile și pregătirea fabricației componentelor modelului fizic pentru generatorul electric eolian

Generatorul sincron cu magneți permanenți, cuplat direct la arborele motorului eolian, este o mașină electrică atipică în raport cu mașinile electrice din aceeași gamă de puteri nominale și necesită o construcție diferită, denumită construcție inelară, tehnologii proprii și agregate de prelucrare cu parametri deosebiți pentru fabricație. Aceste generatoare sunt lente, cu diametre exterioare mari cuprinse între limitele 2 - 3,5 m și lungimi axiale în zona utilă în raport cu D_r - diametrul exterior al rotorului de partea întrefierului - cuprins între limitele (0,2 - 0,4) *Dr.

În cadrul acestei etape s-a pus accentul pe stabilirea soluțiilor tehnice eficiente pentru simplificarea construcției generatoarelor sincrone trifazate, cuplate direct cu turbine eoliene, eliminându-se astfel amplificatorul de turație și promovarea utilizării convertorului static de frecvență pentru adaptarea parametrilor puterii electrice furnizate de generator la parametri receptorului. Totodată s-a promovat în soluția constructivă, utilizarea magneților permanenți pentru producerea câmpului magnetic inductor din mașină, înlocuindu-se înfășurarea de excitație a generatorului electric.

Generatorul electric proiectat va fi realizat cu armături cilindrice concentrice, cu întrefier radial și are o construcție normală (statorul formează indusul mașinii și este așezat în exterior, iar rotorul formează inductorul) cu sistemul de excitație heteropolar format din magneți permanenți montați în rotor. Se elimină în acest mod excitatoarea de curent continuu, pierderile Joule asociate cu această excitatoare, sursa de alimentare a înfășurării de excitație, se reduce încălzirea medie a mașinii, crește fiabilitatea sistemului care nu mai are în componența sa excitatoarea de curent continuu cu colector și perii de contact, se elimină sursa de alimentare în curent continuu a înfășurării de excitație și crește randamentul generatorului cu 0.3 - 5%.

Au fost analizate și comparate două sisteme constructive ale inductorului:

- soluția cu magneții permanenți aplicați direct pe jugul rotorului și fixați prin lipire cu adezivi speciali (și prin aplicarea unui bandaj la exterior pentru consolidare sigură, la generatoarele cu turație mare >100 rpm);

- soluția cu magnetii permanenți așezați în locul bobinelor polare de excitație a rotorului și prevederea unui suport neferomagnetic între sistemul de poli și butucul rotorului; în acest fel se asigură prin bolțuri de prindere a magneților care conferă o stabilitate mecanică superioară a sistemului de componente constructive ale rotorului.

Această ultimă soluție este mai complicată constructiv și portivă în deosebi generatoarelor sincrone de turație mare, la care forțele mecanice centrifuge ce se exercită asupra magneților sunt foarte mari.

Proiectul a fost orientat pentru generatoarele sincrone lente cu turația nominală joasă turația între 5 - 25 rotații/minut, cuplate direct cu turbina eoliană, eliminând astfel amplificatorul de turație (gearbox) - componentă caracterizată de o fiabilitate scăzută pentru condițiile speciale de funcționare ale turbinei eoliene cu șocuri mari de cuplu.

O altă componentă proiectată pentru centralele eoliene o constituie convertorul static de frecvență și tensiune, cu particularități funcționale, conferite de schema electrică și componentele electronice folosite.

Spre deosebire de convertoarele statice de frecvență și tensiune utilizate în acționările electrice industriale care necesită reglajul tensiunii la valori până la tensiunea nominală a rețelei de alimentare, convertoarele statice asociate cu generatoarele eoliene trebuie să ofere și posibilitatea creșterii tensiunii în raport cu tensiunea la bornele generatorului. În acest scop se pot utiliza convertoare speciale a căror proiectare și funcționare se află încă în faza de definitivare a cercetării științifice. În decursul acestei etape au fost stabilite posibilitățile de realizare a convertorului static de frecvență care să îndeplinească această funcțiune suplimentară.

Soluțiile alese în cadrul proiectelor elaborate sunt compatibile cu posibilitățile tehnologice de fabricație și asigură stabilitatea mecanică și electrică în funcționare cu consumuri specifice de materiale reduse și realizarea integrală a caracteristicilor de funcționare specifice produselor studiate. În rezolvarea problemelor de proiectare și calcul precum și în pregătirea documentelor tehnice de execuție s-au utilizat pachete de programe de calcul specializat pentru soluționarea problemelor mecanice și electromagnetice aflate în dotarea întregului consorțiu.

În urma studiilor și cercetărilor aplicative făcute pentru dezvoltarea și optimizarea de noi soluții constructive-funcționale și tehnologice în producerea de generatoare electrice polifazate, multipolare cu puteri nominale de 200 ÷ 800 kW, s-au finalizat proiectele tehnic de execuție ale sculelor speciale, respectiv pregătirea fabricației pentru un generator polifazat, cu magneți permanenți.

Analizând documentația pentru pregătirea fabricației se desprind următoarele concluzii:

- a). Respectând datele de proiectare primite, s-a pregătit fabricația pentru un generator polifazat, cu ax orizontal, cu magneți permanenți, care să poată fi executat tehnologic și care să corespundă în totalitate cerințelor impuse.
- b). La întocmirea documentației de pregătire a fabricației, s-au ales soluții de execuție moderne, s-a făcut o utilizare optimă a materialelor componente, dar în același timp s-a ținut seama că generatorul va fi executat în UCM Reșița, folosindu-se în acest scop soluții tehnologice și dispozitive curente fabricația curentă de hidrogenatoare.
- c) În pregătirea fabricației, a instrucțiunilor tehnologice, respectiv de probe și încercări, s-a ținut seama ca generatorul trebuie încercat și verificat pe standul de probe din UCM Reșița.
- d) La întocmirea instrucțiunilor pentru verificarea parametrilor proiectați, respectiv efectuarea încercărilor pe stand, s-au propus traductor compatibili cu instalațiile de monitorizare, ce se vor folosi.

2009 - Etapa IV - Realizarea rotorului generatorului cu magneți permanenți 12. 12. 2010

Generatorul sincron cu magneți permanenți, cuplat direct la arborele motorului eolian, este o mașină electrică atipică în raport cu mașinile electrice din aceeași gamă de puteri nominale și necesită o construcție diferită, denumită construcție inelară, tehnologii proprii și agregate de prelucrare cu parametri deosebiți pentru fabricație. Aceste generatoare sunt lente, cu diametre exterioare mari cuprinse între limitele 2 - 3,5 m și lungimi axiale L_r în zona utilă în raport cu D_r - diametrul exterior al rotorului de partea întrefierului - cuprinse între limitele $L_r = (0,2 - 0,4) * D_r$.

Modelul experimental are rotorul în construcție modulară, realizat din 2 module identice sub forma de tor din oțel masiv, echipat cu magneți permanenți aplicați pe suprafața exterioară a torului; modulele se montează alăturat pe arborele rotorului. Dimensiunile principale ale rotorului sunt: diametrul exterior al rotorului: $D_r = 2492$ mm, lungimea activă a rotorului: $= 240$ mm.

În cadrul acestei etape s-a promovat soluția constructivă de aplicare a magneților permanenți pentru producerea câmpului magnetic inductor din mașină, direct pe suprafața exterioară a jugului rotorului și consolidarea acestora prin folosirea soluției tip loctide sau rășini de lipire. După lipirea magneților, se aplică un bandaj exterior pe magneții permanenți, constituit din bandă de fretare cu o grosime de 1 mm.

Proiectul a fost aplicat pentru generatoarele sincrone lente cu turația nominală joasă cuprinsă între 5 - 25 rotații/minut, cuplate direct cu turbina eoliană, eliminând astfel amplificatorul de turație (gearbox) - componentă caracterizată de o fiabilitate scăzută pentru condițiile speciale de funcționare ale turbinei eoliene cu șocuri mari de cuplu.

Soluțiile alese în cadrul proiectelor elaborate sunt compatibile cu posibilitățile tehnologice de fabricație și asigură stabilitatea mecanică și electrică în funcționare cu consumuri specifice reduse de materiale și realizarea integrală a caracteristicilor de funcționare specifice produselor studiate.

În rezolvare problemelor de calcul, proiectare, optimizare, construcții mecanice și electromagnetice, precum și în pregătirea documentelor tehnice de execuție, s-au utilizat pachete de programe de calcul specializate (FEMM, SOLIDWORKS, KATIA, ORCAD, SPICE ș.a.) aflate în dotarea întregului consorțiu.

Au fost realizate:

- jugului rotorului al modelului experimental de generator de 140kW;
- ansamblul de susținere a rotorului al modelului experimental de generator de 140kW;
- montarea magneților și testarea rotorului la turație mărită.

Din lucrările realizate a rezultat ca:

1. Realizarea rotorului echipat cu magneți permanenți a permis asigurarea obținerii unor informații și elaborarea de noi soluții pentru asimilare și producerea de generatoare sincrone în gama de puteri 200...1000kW pentru centralele cu turbine lente (eoliene și hidroenergetice).
2. Construcția modulară a modelului experimental a permis identificarea de noi soluții funcționale privind rotorul generatorului sincron lent cu magneți permanenți cu o fiabilitate corespunzătoare, asemănătoare generatoarelor sincrone clasice.
3. Cooperarea partenerilor din consorțiul proiectului la realizarea componentelor pentru centralele eoliene, precum și pentru centralele hidroelectrice lente deschide reale posibilități, pentru depășirea unor dificultăți tehnologice și funcționale pentru transferul cunoștințelor de la cercetare la producție.
4. Asigurarea finalizării proiectului în anul 2010, pentru realizarea statorului modelului fizic de generator sincron lent cu magneți permanenți și efectuarea măsurărilor, va contribui la extinderea domeniului de fabricație în țara noastră a componentelor electrotehnice noi pentru folosirea resurselor energetice regenerabile.