

CONSILIUL NAȚIONAL PENTRU ACREDITARE ȘI ATESTARE

INSTITUTUL DE ENERGETICĂ al ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI

APROB:

Academician **Valeriu CANȚER**
Președinte al Consiliului Național pentru
Acreditare și Atestare
Data aprobării de către Comisia de atestare a
CNAA:
L.Ș.

APROB:

Dr. hab. **Vladimir BERZAN**
Director al Institutului de Energetică al AȘM
Data aprobării de către Consiliul științific al
instituției: 30.03.2010
L.Ș.

PROGRAMA

examenului de doctorat la specialitatea
05.14.08 Surse noi și regenerabile de energie

Chișinău 2010

Autori:

1. **Todos Petru**, profesor universitar, dr. în tehnică, prim-prorector, Universitatea Tehnică a Moldovei
2. **Sobor Ion**, conferențiar universitar, dr. în tehnică, Universitatea Tehnică a Moldovei

Recenzenți:

1. **Berzan Vladimir**, d.h.ș.t., cercetător conferențiar (cercetător științific superior), director al Institutului de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei.
2. **Stratan Ion**, d.ș.t., profesor universitar, decan, Facultatea de Energetică, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Programa a fost examinată și recomandată de Comisia de experți în domeniu a CNAA:

Președinte:
Dr. hab., membru corespondent, prof.
universitar Valentin MUSTEAȚA

„ „

2010

Programa a fost examinată și recomandată de Seminarul științific de profil la specialitatea 05.14.02 – Centrale electrice (partea electrică), rețele electrice, sisteme electroenergetice și dirijarea lor:

Președinte:
Dr. hab., prof. universitar Mihai CHIORSAC

„ „

2010

Programa include compartimentele de bază la specialitatea 05.14.08 - Centrale electrice (partea electrică), rețele electrice, sisteme electroenergetice și dirijarea lor, revăzută și completată cu luarea în considerație a trecerii la noul plan de studiu conform Procesului de la Bologna în formarea specialiștilor de cea mai înaltă calificare în cadrul prelungirii studiilor superioare prin masterat și doctoratură.

1. Recomandări metodice generale

1.1. Cerințe de ordin general

În cadrul specialității „Surse noi și regenerabile de energie”, tehnica- se formează cercetători și cadre didactice cu titlul științific de doctor în științe tehnice într-o ramură a științei și tehnicii ce ține de utilizarea surselor regenerabile de energie (SRE), includerea acestora în circuitul economiei naționale și cuprinde cunoștințe despre legăturile de formare, metodele de evaluare a potențialului energetic disponibil al diferitor tipuri de surse și de conversie în energie electrică, mecanică și termică, calculul parametrilor și regimurilor, proiectare, dirijare, montare și exploatare a instalațiilor energetice care funcționează în baza surselor regenerabile de energie.

Importanța soluționării problemelor științifice și tehnice ale specialității constă în majorarea eficienței metodelor cunoscute de transformare a energiilor regenerabile în alte tipuri, inclusiv a metodelor de cogenerare și trigenerare, conceperea și crearea noilor metode și mijloacelor tehnice de conversie a energiei fluxurilor de apă, radiației solare, energiei vântului, energiei biomasei, precum și perfecționarea metodelor și echipamentelor de stocare și acumulare a energiei.

Disciplina “ Conversia surselor regenerabile de energie, instalații si complexe in baza lor” este o disciplină comparativ nouă care contribuie la formarea specialistului într-un domeniu actual și de o însemnătate deosebită pentru Republica Moldova care nu dispune de resurse fosile de energie.

Specialitatea „Surse noi și regenerabile de energie” are un caracter interdisciplinar, se bazează pe cunoștințele acumulate la științele fundamentale: fizica, chimia, mecanica aplicată, matematica, precum și electronica, bazele teoretice ale electrotehnicii, termotehnica, hidraulica, teoria sistemelor, mașini și aparate electrice.

Scopul studierii specialității constă în aprofundarea cunoștințelor pretendentului la titlul științific de doctor în științe tehnice necesare pentru a îndeplini lucrări de cercetare științifică, de evaluare a potențialului energetic a diferitor SRE, de calcul a parametrilor și regimurilor, de proiectare dirijare, montare și exploatare a instalațiilor energetice care funcționează în baza surselor regenerabile de energie, de studiu de fezabilitate a proiectelor de utilizare a SRE.

Pretendentul trebuie să cunoască bazele teoretice, procedeele și mijloacele tehnice de conversie a SRE în alte tipuri de energie, principiilor de estimare a potențialului energetic eolian, solar, hidraulic, metodelor de calcul al acestora, realizarea constructivă a componentelor instalațiilor și complexelor energetice eoliene, solare (termice și fotovoltaice), hidraulice, pe biomasă, metodele de dimensionare a unui sistem solar pentru obținerea apei calde sau a unui sistem solar pentru uscarea produselor agricole, metodei de dimensionare a unei instalații fotovoltaice, cantității de energie electrică care poate fi obținută cu o instalație eoliană specificată, aspectele economice și ambientale ale utilizării SRE. Doctorandul trebuie să posede metode contemporane privind efectuarea investigațiilor teoretice și experimentale, de prelucrare și analiză a rezultatelor obținute cu evaluarea nivelului de credibilitate a lor și trebuie să aibă nivelul profesional necesar pentru a îndeplini aceste lucrări de cercetare, proiectare, montaj și exploatare, instalații si complexelor ce funcționează pe bază de SRE.

1.2. Structura programei examenului de doctorat:

- Statutul actual al utilizării SRE la nivel mondial, european și în RM
- Conversia energia solară în energie termică și electrică
- Energia eoliană și conversia ei în energie mecanică și electrică
- Biomasa și metodele de conversie în alte tipuri de energii
- Hidroenergetica
- Energia geotermală
- Hidrogenul și pile de combustie

2. Conținutul programei

2.1. Statutul actual al utilizării SRE la nivel mondial, european și în RM

Importanța economică, socială și ambientală a utilizării SRE. Cota parte a SRE în consumul total de energie la nivel mondial, european și în RM. Potențialul SRE în RM. Statutul actual al utilizării SRE în RM. Cadrul legal. Bariere în calea utilizării SRE în RM. Experiența țărilor UE în promovarea și utilizarea SRE.

2.2. Conversia energia solară în energie termică și electrică

Cuvinte-cheie: *Radiația solară, conversia termică, conversia fotovoltaică, colector plan solar, concentrator solar, celulă fotovoltaică, modul fotovoltaic, sistem fotovoltaic autonom.*

2.2.1. Soarele ca sursă de energie. Radiația solară extraterestră, constanta solară. Radiația solară pe suprafața pământului. Componentele radiației solare: directă, difuză, globală. Informații primare privind radiația solară. Estimarea radiației solare pe un plan înclinat. Modele de calcul: cer izotrop și anizotrop. Modelul izotrop Liu – Jordan.

2.2.2. Metode de conversie a energie solară în energie termică. Instalații și sisteme de conversie a energiei solare în energie termică de joasă temperatură. Sisteme pasive și sisteme active. Colectorul plan solar – cel mai simplu și răspândit convertor de energie solară în energie termică. Caracteristicile colectorului plan solar. Stocarea energiei termice.

2.2.3. Dimensionarea unei instalații solare. Aplicații: încălzirea apei, uscarea produselor, încălzirea spațiilor, desalinizarea apei, în procese tehnologice.

2.2.4. Instalații și sisteme de conversie a energiei solare în energie termică de înaltă temperatură. Concentratoare de energie solară. Conversia energiei solare în energie mecanică și electrică. Aplicații: producerea energiei mecanice și electrice, piroliza, prepararea hranei.

2.2.5. Conversia fotovoltaică (FV) a energiei solare. Celula FV și caracteristicile ei. Principalele tehnologii de producere. Module și panouri FV. Sisteme FV, principalele tipuri.

2.2.6. Componenta unui sistem FV: modul FV, regulator încărcare – descărcare, convertor de frecvență. Sisteme FV cu cuplare directă (fără baterii) și cu baterii de acumulare. Urmărirea punctului puterii maxime (MPPT – maximum power point tracker).

2.2.7. Principiul general de calcul al unui sistem PV cu acumularea energiei electrice. Aplicații caracteristice pentru RM: alimentarea cu energie electrică a micilor consumatori dispersați teritorial, pomparea FV, mini-irigarea FV, iluminarea, telecomunicații.

2.3. Energia eoliană și conversia ei în energie mecanică și electrică

Cuvinte-cheie: *Vântul, energia vântului, densitatea puterii specifice a vântului, date primare, atlasul vântului, factorul Betz, turbină eoliană, instalație eoliană, factorul de utilizare a capacității instalate, distribuția Weibull.*

2.3.1. Vântul și originea lui. Noțiuni de vânt geostrofic și de suprafață. Vânturi locale. Factorii care influențează vântul de suprafață: orografia terenului, obstacole, rugozități. Caracteristicile energetice ale vântului: variația temporală orară, diurnă, sezonieră și anuală. Energia și puterea vântului. Forța de presiune și forța de ridicare.

2.3.2. Potențialul energetic eolian al RM. Date primare despre vânt. Rezultatele măsurărilor recente. Procesarea datelor primare despre vânt. Noțiune de Atlas al Vântului. Atlasul European al Vântului.

2.3.3. Conversia energiei vântului în energie mecanică. Factorul Betz. Tipuri de turbine eoliene: cu ax orizontal, cu ax vertical. Instalații eoliene. Componenta instalației eoliene: turn, rotor, carlinga, generator, multiplicator, frâna, mecanism de direcționare.

2.3.4. Alegerea amplasamentului pentru o instalație eoliană. Estimarea potențialului energetic eolian în amplasamentul dat. Distribuția Weibull pentru funcția densitate probabilistică a vitezei vântului.

2.3.5. Alegerea agregatului eolian. Principiul de calcul a cantității de energie electrică care poate fi produsă pe o perioadă specificată de timp. Factorul de utilizare a capacității instalate.

2.3.6. Generatoare pentru instalații eoliene: sincrone cu excitație electromagnetică și cu magneți permanenți, asincrone cu rotor în colivie. Cuplarea indirectă și directă a generatorului cu rotorul turbinei. Tendințe moderne.

2.3.7. Aplicații: instalații eoliene conectate la rețea, instalații eoliene autonome, pomparea apei, producerea puterii mecanice.

2.4. Biomasa și metodele de conversie în alte tipuri de energii

Cuvinte-cheie: *Biomasă, deșeuri de biomasă, biogaz, biocombustibil, plantații energetice, gazificare, piroliză,*

2.4.1. Biomasa – produs al procesului de fotosinteză. Proprietățile biomasei. Surse de biomasă: deșeurile agricole; deșeurile municipale, comerciale și industriale; deșeuri forestiere; plantații energetice.

2.4.2. Procese de conversie termică a biomasei: ardere directă, gazificare, piroliză, sintetizarea biocombustibilului.

2.4.3. Procese de conversie biologică a biomasei: digestia anaerobă, fermentarea. Instalații de producere a biogazului.

2.4.4. Aplicații: încălzirea spațiilor, cogenerarea energiei termice și electrice, producerea biogazului, biocombustibil pentru transport.

2.4.5. Aspecte economice: Estimarea costurilor producerii energiei termice și electrice pentru alimentarea consumatorilor din sectorul rural. Estimarea costurilor biocombustibilului.

2.4.6. Aspecte ambientale: importanța micșorării emisiilor de gaze cu efect de seră, poluării apelor, solurilor și aerului.

2.5. Hidroenergetica

Cuvinte-cheie: *energia potențială și cinetică a apei, turbină hidraulică, turbină hidraulică de flux, centrală hidraulică.*

2.5.1. Energia potențială a apei. Energia cinetică a unui curent de apă. Factorii ce determină potențialul hidroenergetic: înălțimea căderii, debitul, pierderi. Potențialul hidroenergetic al RM.

2.5.2. Conversia energiei apei în energie mecanică și electrică. Turbine hidraulice: pentru căderi mari, medii și mici. Turbine hidraulice de flux (Flux Water Turbine).

2.5.3. Centrale hidroelectrice (CHE). Componente: baraj, stavila, canal de deversare, turbina, generatorul, transformatorul, linia de transmisie.

2.5.4. Particularitățile generatoarelor hidraulice. Generatoare sincrone de mică viteză cu magneți permanenți. Generatoare submersibile.

2.5.5. Aplicații: Instalații pentru producerea energiei mecanice, instalații de pompare, măcinat. Instalații pentru generarea energiei electrice.

2.5.6. Aspecte economice: Durata de viață a instalațiilor hidraulice, investiții și cheltuieli de exploatare. Costul unei unități de energiei electrice.

2.5.7. Aspecte ambientale. Impactul acumulărilor mari de apă asupra mediului: înstrăinarea suprafețelor mari de teren, ridicarea nivelului apelor freatice, strămutări de populație, schimbarea micro-climei în regiune, acțiunea asupra florei și faunei.

2.6. Energia geotermală

Cuvinte-cheie: *energia rocilor, energia stratului de suprafață, pompe de căldură.*

2.6.1. Originea energiei geotermale. Clasificarea surselor geotermale: energia rocilor calde, apelor fierbinți, amestec de vapori și apă, stratului de suprafață.

2.6.2. Direcții și scheme de utilizare: încălzirea directă a spațiilor, încălzirea spațiilor folosind pompe de căldură, pentru scopuri curative și sanatoriale, agricultură. Perspectivele și problemele valorificării energiei geotermice în R. Moldova și a surselor cu potențial termic redus.

2.7. Hidrogenul și celule de combustie

Cuvinte-cheie: *hidrogen, metode electrochimice, termochimice, fotochimice, fotobiologice, hidrid, pila (celula) de combustie.*

2.7.1. Hidrogenul și proprietățile lui. Energetica bazată pe hidrogen. Metode de obținere a hidrogenului, inclusiv pe baza utilizării surselor regenerabile de energie: electrochimice, termochimice, fotochimice, fotobiologice.

2.7.2. Stocarea hidrogenului: gaz compresat, gaz lichefiat, hidrizi metalici.

2.7.3. Celula sau pila de combustie. Principiul de funcționare. Pila de combustie pe bază de hidrogen și oxigen. Caracteristici, randamentul. Alte tipuri de pile de combustie: cu membrane schimbătoare de ioni, cu acid fosforic, alcaline, cu electroliți solizi.

2.7.4. Combustibili pentru pile de combustie: hidrogen, gaz metan, metanol, etanol, gazolină, propan.

2.7.5. Aplicații: transport, sisteme energetice autonome descentralizate cu cogenerare, baterii de alimentare. Aspecte de mediu.

3. Literatura de specialitate (de bază)

- 3.1. Surse regenerabile de energie./ T.Ambros, V.Arion, A.Guțu, I.Sobor, P.Todos, D.Ungureanu. Ed.TEHNICA-INFO. Chișinău, 1999.
- 3.2. A.Guțu.Surse renovabile de energie./Ciclu de prelegeri. Chișinău. 1998
- 3.3. Твайдел Д., Уэйр С., Возобновляемые источники энергии, Пер.с англ.М. 1990.
- 3.4. Wind energy. The facts. V. 1-5. European Communities, 1999.
- 3.5. Électricité solaire au service du développement rural. Guide de l'énergie solaire.
- 3.6. L'électricité solaire. Collection Le point sur. GRET. Paris, 1996.
- 3.7. Le pompage photovoltaïque. Québec, 1998.
- 3.8. Energie regenerabilă: Studiu de fezabilitate/ Petru Todos, Ion Sobor, Dumitru Ungureanu, Andrei Chiciuc, Mihail Pleșca. – Ch.: Min. Ecologiei, Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului; PNUD Moldova, 2002.
- 3.9. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. Изд./ Д. Ю. Гамбург и др., М.: Химия, 1989.

4. Bibliografia suplimentară

- 4.1. European Wind Atlas, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.
- 4.2. The WA^{SP} 6.0 Help Facility, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1999.
- 4.3. Getting Started with WA^{SP} 7.0, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, 2000.
- 4.4. Wind Atlas Analysis and Application Program (WA^{SP}), Vol.1: Getting Started, Riso
- 4.5. Solar Engineering of Thermal Processes, John A. Duffie & William A. Beckman, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- 4.6. Guide Biomasse – Energie, Groupe Biomasse – Energie – Editions ACADENIA, Belgique, 1999.
- 4.7. The world Directory of Renewable Energy Suppliers and Services 1998, James & James, Science Publishers, London, 1998.
- 4.8. Moldova XXI. Strategia națională pentru Dezvoltare Durabilă. Chișinău. 2000.
- 4.9. Technology Needs and Development Priorities, Publishing House CartDidact, Chișinău-2002.
- 4.10. Schimbarea Climei: Strategii, Tehnologii, Perspective, Culegere de articole, Chișinău-2001.