

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
05.14.02 Centrale electrice (partea electrica), rețele electrice, sisteme
electroenergetice si dirijarea lor

Chișinău 2010

Autori:

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.

Recenzenți:

1. **Postolati Vitalie**, d.h.ș.t., academician al AȘM, șeful laboratorului Linii electrice dirijate, Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei.
2. **Arion Valentin**, d.h.ș.t. profesor universitar, șef catedră Termtehnică și Management în 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 05.14.02 - Centrale electrice (partea electrică), rețele electrice, sisteme electroenergetice și dirijarea lor, revăzută și completată cu luarea în considerare 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.

Recomandări metodice generale

Cerințe de ordin general

Scopul studierii disciplinei constă în aprofundarea cunoștințelor pretendentului la titlul științific de doctor în științe tehnice necesare pentru a îndeplini lucrări de cercetare științifică, de proiectare, de montare a echipamentului electrotehnic și energetic, de exploatare și dirijare cu partea electrică a centralelor electrice, funcționarea sistemelor electroenergetice și a rețelelor de distribuție a energiei electrice. Este necesar ca pretendentul să însușească și să fie apt de a utiliza metodele moderne de investigare teoretică și de efectuare a cercetărilor aplicative, precum și de prelucrare a rezultatelor cercetărilor cu formulare de concluzii recomandări spre utilizare în baza acestor rezultate.

Pretendentul trebuie să cunoască realizarea constructivă a elementelor și subansamblurilor constructive a centralelor electrice (generatoare, a transformatoarelor de putere și a transformatoarelor de măsurare, a reactoarelor șunt, pentru stingerea arcului electric și a reactoarelor care limitează curenții în circuitele primare, instalațiilor distribuitoare, aparaturii de comutare, precum și a aparaturii cu funcții de protecție și semnalizare). În acest compartiment se includ de asemenea sistemele electroenergetice și rețelele de distribuție (linii aeriene și în cablu, stațiile electrice de ridicare și coborâre a tensiunii). Pretendentul trebuie să cunoască bazele teoretice privind producerea, transportul, distribuția și consumul, metodele și aparatajul de asigurare a conlucrării în paralel a centralelor electrice, principiile de funcționare a echipamentelor de dirijare automată, a protecției prin relee, telemecanicii, precum și metodele de calcul al regimurilor staționare și a regimurilor tranzitorii, metodele și aparatajul necesar pentru asigurarea unei funcționări fiabile și sigure a subansamblurilor constructive a centralelor electrice, a rețelelor de distribuție și a sistemului electroenergetic.

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 a echipamentelor respective utilizate în centralele electrice și în sistemele electroenergetice.

Compartimentele de bază ale programei examenului de doctorat (orientative):

- Centrale electrice (partea electrică);
 - Rețele electrice;
 - Sisteme electroenergetice;
 - Dirijarea cu sistemele electroenergetice și cu rețelele de distribuție;
-
- Bazele calculului tehnico economic al sistemelor de transport și distribuție a energiei electrice.

Conținutul programei

Centrale electrice (partea electrică)

Cuvinte-cheie: Generatoare, transformatoare, reactoare, bare colectare, aparate de comutație, scheme electrice de conexiune, curenți de scurtcircuit, diagnostica echipamentului.

Generatoare și compensatoare sincrone. Procesul de conversie a energiei în generatoare. Tipurile și parametrii de bază ai generatoarelor. Sisteme de excitație. Sisteme de răcire. Conexiunea generatoarelor pentru funcționarea în paralel. Regimuri normale și anormale. Suprasarcină admisibilă. Utilizarea generatoarelor în regim de compensator sincron. Utilizarea generatorului în regim de motor electric sincron. Supravegherea temperaturi subansamblurilor constructive de bază ale generatorului. Caracteristicile de bază ale generatoarelor în regimuri staționare și în regimuri tranzitorii .

Transformatoare și autotransformatoare de putere. Procesul de transformare a parametrilor energiei în transformatoare. Clasificarea și tipurile de transformatoare, elementele constructive de bază și parametrii transformatoarelor. Grupele de conexiune. Sistemele de răcire. Regimuri de sarcină și suprasarcină a transformatoarelor. Funcționarea în paralel a transformatoarelor. Schemele și realizarea constructivă a subansamblurilor de reglare a tensiunii. Defectele transformatoarelor și metodele de depistare.

Aparate de comutație. Întrerupătoare, separatoare, întrerupătoare de sarcină. Principii de stingere a arcului electric în întrerupătoare. Realizarea constructivă a aparatelor de comutație, parametri tehnici și principiile de funcționare. Principii și metode de selectare a echipamentelor de comutație.

Transformatoare de măsurare a curentului și a tensiunii. Erorile de măsurare a transformatoarelor. Realizarea constructivă și principiile de funcționare. Alegerea transformatoarelor de măsurare a tensiunii și curentului.

Barele instalațiilor de distribuire a energiei electrice și conductoarelor de curent. Repartizarea curentului în secțiunea conductoarelor de diverse profiluri. Conexiuni prin contact. Realizarea constructivă a sistemelor de bare și conductoare. Rigiditatea electrodinamică. Alegerea și verificarea barelor colectoare.

Reactoare limitatoare de curent. Realizarea constructivă. Principii și metode de alegere și verificare.

Reactoare de șunt (cu conexiune paralelă la rețea). Baterii de condensatoare statice. Realizare constructivă, parametri, scheme de conexiune.

Consumul propriu de energie ale centralelor și stațiilor electrice. Surse de alimentare a circuitelor de consum propriu. Ansamblurile de echipamente privind consumul propriu al centralelor și a stațiilor electrice. Funcționarea stabilă a echipamentelor și mecanismelor compartimentului consum propriu în diferite condiții de exploatare.

Curentul și circuitele de curent operativ la centralele și stațiile electrice. Surse de curent continuu și curent alternativ pentru alimentarea circuitelor de curent operativ.

Scheme de conexiuni ale circuitelor primare din centralele electrice. Scheme de conexiuni ale circuitelor primare din stațiile electrice.

Realizarea constructivă a instalațiilor de distribuție. Cerințe impuse instalațiilor de distribuție. Principii de alegere ale elementelor constructive în instalațiile de distribuție.

Procese tranzitorii în circuitul care conține R,L,C elemente. Procesul tranzitoriu în cel mai simplu circuit la un scurtcircuit trifazat. Procesele tranzitorii în circuitele cu legături mutuale magnetice aflate în stare statică și în mișcare. Procesele tranzitorii în circuitul trifazat la apariția unui regim nesimetric. Regula privind echivalența consecutivității directe.

Metode și echipament de limitare a curenților de scurtcircuit.

Indicii de fiabilitate a instalațiilor și metodele de determinare a acestor indici.

Metode și echipament de diagnosticare a stării tehnice a echipamentului

Rețele electrice

Cuvinte-cheie: Scheme echivalente. Metode de calcul, alegerea și dimensionarea elementelor rețelei, indici tehnico-economici, partea mecanică a liniilor electrice aeriene, regimul neutrlui, exploatarea rețelelor electrice, diagnostica liniilor.

Clasificarea rețelelor electrice.

Elementele de bază ale teoriei transportului energiei electrice.

Alegerea tensiunii nominale și dimensionarea liniilor electrice. Calculul mecanic al conductoarelor liniilor electrice aeriene.

Parametrii și schemele echivalente ale liniilor și transformatoarelor.

Parametrii pasivi ai liniilor electrice.

Metodele de calcul ale regimurilor rețelelor de configurație arborescentă.

Metodele de calcul ale regimurilor rețelelor simplu buclate.

Calculul regimurilor rețelelor electrice complex buclate.

Trasabilitatea energiei electrice

Alocarea pierderilor de putere între participanții la piața energiei electrice

Determinarea prețurilor nodale la energia electrică

Modelul stării statice a unui sistem electromagnetic stabilit pe baza de măsurători

Estimarea variabililor de stare. Detectarea datelor eronate. Observabilitatea rețelelor electrice

Optimizarea circulațiilor de putere în rețelele electrice neomogene. Debuclarea optimă a rețelelor electrice de distribuție. Determinarea indicatorului generalizat de neomogenitate al rețelelor electrice

Determinarea sarcinilor de calcul ale întreprinderilor industriale, ale localităților urbane (orașe, municipii) și în sectorul rural.

Curbele de sarcină și caracteristicile lor. Caracteristicile statice ale sarcinii după tensiune și frecvență.

Indicatorii de calitate a energiei electrice.

Sursele de putere reactivă și caracteristicile acestor surse.

Metode și aparataj de reglare a tensiunii. Distribuție naturală și economică a puterii în rețelele de configurație buclată. Principii de reglare centralizată și locală a tensiunii. Alegerea prizei transformatorului. Determinarea puterii echipamentului de compensare din condiția reglării tensiunii.

Bazele calculelor tehnico-economice ale rețelelor electrice. Indicii economici de bază.

Proiectarea rețelelor electrice luând în considerație factorii de fiabilitate și aspectele ecologice ale acestor linii.

Măsurile de bază care contribuie la majorarea capacității de transport a sistemelor electroenergetice și a rețelelor electrice. Sisteme flexibile în rețelele de transport (FACTS)

Calculul pierderilor de energie și măsurile principale care conduc la diminuarea pierderilor energiei electrice în rețelele electrice cu diferite nivele de tensiune.

Regimurile de tensiune și putere reactivă în liniile electrice lungi la funcționarea la valori variabile ale puterii active.

Linii electrice de transport de tensiune alternativă și continuă. Scheme ale acestor linii.

Realizarea constructivă a liniilor electrice aeriene și a liniilor în cablu.

Bazele de calcul și de proiectare a părții mecanice a liniilor electrice aeriene de transport a energiei electrice.

Particularitățile de realizare constructivă a rețelelor urbane, rurale și industriale.

Modalitățile de tratare a neutrului rețelelor electrice. Supratensiuni în rețelele electrice.

Direcțiile de perfecționare privind exploatarea rețelelor electrice (alegerea schemei raționale de asistență tehnică și reparare a rețelei electrice, determinarea periodicității optime de îndeplinire a lucrărilor de asistență tehnică și reparație a rețelei electrice).

Metode și echipament de diagnosticare a stării tehnice a liniilor electrice.

Direcții prioritare privind dezvoltarea rețelelor electrice.

Sisteme electroenergetice

Cuvinte-cheie: Reglarea tensiunii și a frecvenței, stabilitatea statică și stabilitatea dinamică, modele de dezvoltare optimală, fiabilitatea și siguranța în exploatare, conservarea energiei

Particularitățile de sistem privind modalitățile de exploatare a diferitor tipuri de centrale electrice.

Performanțele de funcționare în paralel a sistemelor energetice. Evaluarea eficienței economice privind funcționarea în paralel a sistemelor energetice.

Stocarea și înmagazinarea energiei electrice. Tipurile de acumulateoare a energiei electrice și utilizarea lor în sistemele energetice.

Reglarea frecvenței în sistemul energetic. Influența frecvenței asupra regimurilor de funcționare ale echipamentului electrotehnic. Bilanțul de putere activă. Principiile de reglare primară și secundară a frecvenței.

Reglarea tensiunii în sistemul energetic. Bilanțul de putere reactivă.

Metode și aparataj de asigurare a fiabilității sistemelor energetice. Rezerve de putere și de energie. Optimizarea rezervei de putere.

Principiile de distribuire economică a puterii active între centralele electrice. Legătura dintre problema reglării frecvenței și a problemei de repartizare optimală a sarcinilor

Distribuirea sarcinilor cu caracter reactiv între sursele de putere reactivă.

Stabilitatea statică a sistemelor electrice. Tipurile de stabilitate. Criterii de stabilitate. Influența reglării automate a excitației (RAE) generatoarelor asupra stabilității.

Stabilitatea dinamică a sistemelor electrice. Determinarea valorii maxime de limită a deconectării scurtcircuitului.

Stabilitatea nodurilor de sarcină. Criteriul de stabilitate.

Regimuri asincrone în sistemele electrice. Parametrii regimurilor, stabilitatea rezultantă.

Măsuri privind majorarea stabilității sistemelor electrice.

Modele de dezvoltare optimă a sistemelor electroenergetice. Criterii optime de evaluare. Alegerea surselor de energie. Optimizarea amplasării centralelor electrice. Optimizarea structurii rețelelor electrice.

Organizarea exploatării sistemelor energetice. Dirijare prin dispecerat a proceselor de producere, transport și distribuție a energiei electrice.

Dirjecții prioritare privind conservarea energiei.

Conceptul „Smart Grid” de dezvoltarea a sistemelor energetice

Dirijarea cu sistemele electroenergetice și cu rețelele de distribuție

Cuvinte-cheie: Protecția prin relee, reglare automată a frecvenței și a puterii active, reglare a tensiunii și a puterii active, automatica contra accidentelor.

Principii de realizare a protecției prin relee. Funcțiile protecției prin relee și cerințe către calitatea de executare a acestor funcții. Protecții de curent. Direcționarea protecției de curent. Protecții de distanță. Protecții diferențiale. Protecții de frecvență înaltă și protecții radio.

Protecția prin relee a rețelelor electrice. Rețele de distribuție 6-10-35 kV. Linii de transport 110-330 kV. Linii de transport la tensiuni de 330-750kV.

Protecția prin relee a transformatoarelor și autotransformatoarelor de putere.

Protecția prin relee a generatoarelor sincrone și a blocurilor generator-transformator.

Protecția prin relee a motoarelor electrice și a compensatoarelor sincrone.

Protecția prin relee a barelor colectoare și a barelor instalațiilor de distribuție de tensiune înaltă, a instalațiilor complexe de distribuție.

Istoric al dezvoltării componentelor bazei materiale a protecției prin relee și starea ei actuală. Microprocesoare, situația curentă și perspective de utilizare a acestor elemente pentru perfecționarea protecțiilor prin relee și a sistemelor de automatizare a instalațiilor electroenergetice.

Reglarea automată a frecvenței și a puterii active. Principii de realizare tehnică a reglatoarelor. Semnificația și rolul calculatoarelor electronice în aceste sisteme.

Reglarea automată a tensiunii și a puterii reactive în sistemele electroenergetice. Reglarea automată a excitației mașinilor sincrone.

Automatica contra accidentelor și automatica de regim (anclanșarea automată a rezervei, reanclanșarea automată rapidă, reanclanșarea automată rapidă a liniilor electrice de transport)

Literatura de specialitate

1. Electric power system. Electric Networks. Edited by Mircea Eremia. Editura Academiei Române. București, 2006. 829 p.

2. EUR 22040 - European Technology Platform SmartGrids. Luxembourg:Office for Official Publications of the European Communities, 2006; ISBN 92-79-01414-5. -44p. (<http://europa.eu.int>; <http://publications.eu.int>).
3. Georgescu Gh., Rădușanu D. Transportul și distribuția energiei electrice. Volumul II, Iași, 2001, 442 p.
4. Georgescu Gh., Rădușanu D. Transportul și distribuția energiei electrice. Volumul I, Iași, 2000, 375p.
5. Nemeș M. Sisteme electrice de putere. Ed. Politehnica, Timișoara, 1998, 340 p.
6. Traian G. Ionescu, Olga Pop. Ingineria, distribuția energiei electrice. București, Editura Tehnică, 1998, 750 p.
7. Eremia M. Tehnici noi în transportul energiei electrice. Aplicații ale electronicii de putere. Editura Tehnica. București:1997. -260p.
8. Berzan V., Rimschi V.. Procese nestaționare în circuitele electrice neomogene. Combinatul poligrafic Chișinău, 1998, 412 p.
9. Mircea I. Instalații și echipamente electrice. Ghid teoretic și practic. București: Editura didactică și pedagogică, 1996, 450 p.
10. Римский В.К., Берзан В.П., Пацюк В.И. и др. Волновые явления в неоднородных структурах. *Теория и методы расчета электрических цепей, электромагнитных полей и защитных оболочек АЭС*. Том 5, Кишинев: Типогр. АНМ, 2009, 664 с.
11. Александров Г.Н. Передача электрической энергии переменным током. СПб. Издательство Политехнического Университета, 2007, 410 с.
12. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Новосибирск. Издательство НГТУ, 2006, - 245 с.
13. Электрические системы. Под ред. В. А. Веникова. - М.: Высшая школа, Т. 2, 1999; Т. 4, 1973; Т. 6, 1975; Т. 8, 1979; Т. 9, 1982.
14. Управляемые линии электропередачи /Астахов Ю.Н., Постолатй В.М., Комендант И.Т., Чалый Г.В. Под ред. В.А. Веникова.-Кишинев: Штиинца, 1994.-296 с.
15. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. - М: Энергоиздат, 1992.
16. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
17. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А. А. Васильева. - М.: Энергия, 1990.
18. Баркан Я.Д. Эксплуатация электрических систем. • М.: Высшая школа, 1990.
19. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М-: Энергоатомиздат, 1989.
20. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические сети и системы. Проектирование. -Минск: Вышэйшая школа, 1988.
21. Электрическая часть электростанций / Под ред. С.В. Усова. - Л.: Энергоатомиздат, 1987.
22. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. - М.:Энергоатомиздат, 1986.
23. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М.: Высшая школа, 1985.
24. Автоматизация электроэнергетических систем / А.П. Алексеев, В.Л. Козис и др. -М.: Энергоиздат, 1981.
25. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем./ Под ред. Л.А. Жукова// М.: Энергия, 1979г. – 455с.

26. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. -М.: Энергия, 1970.

Bibliografia suplimentară

1. Arion V., Codreanu S. Bazele calcului tehnico-economic al sistemelor de transport și distribuție a energiei electrice. Chișinău, U.T.M., 1998, 135 p.
2. Iordache M., Conicini I. Calitatea energiei electrice. Ed. Tehnică, București, 1997, 344 p.
3. Романюк Ф.А., Новаш В.И. Информационное обеспечение вычислительного эксперимента в релейной защите и автоматике энергосистем. "ВУЗ-ЮНИТИ", Минск, 1998, 174 с.
4. Электропередачи переменного тока повышенной мощности / Федин В.Т., Головач Ю.Д., Селиверстов Г.И., Чернецкий М.С. - Минск: Наука и техника, 1993.
5. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. - М.: Высшая школа, 1991.
6. Стратан И.П., Неретин В.И., Спивак В.Л. Расчет и анализ режимов электроэнергетических систем. Кишинев, «Штиинца», 1990, 100 с. Короткевич М.А. Оптимизация эксплуатационного обслуживания электрических сетей. - Минск: Наука и техника, 1984.
7. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем: Релейная защита сетей. - М.: 1984.
8. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. - М.: Энергия, 1978.