

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Energetică și Inginerie Electrică
Departamentul Energetică**

Admis la susținere

Șef departament:

HLUSOV Viorica, conf. univ., dr.

„_____” _____ 2019

**Analiza posibilităților de realizare a interconexiunilor
sistemului electroenergetic al Republicii Moldova cu cel
al României**

Teză de master

Student: _____ **ANDRIEȘ Igor,**
gr. EE-18M

Conducător: _____ **BERZAN Vladimir,**
prof. univ., dr. hab.

Chișinău, 2019

ADNOTARE

Obiectivul de bază a prezentei tezei este analiza posibilităților de realizare a interconexiunii sistemului electroenergetic al Republicii Moldova cu cel al României. Documentul conține trei capitole:

Capitolul I „Analiza soluțiilor de realizare a interconexiunii sistemelor electroenergetice”. În cadrul acestui capitol se evaluează starea actuală a sistemului electroenergetic, perspectiva sistemului energetic global și scenariile de dezvoltare a sistemelor. Totodată la acest capitol se conturează problema investigației și primele etape necesare spre efectuare în vederea efectuării analizei propriu zise.

Capitolul II „Metodologia și instrumente de analiză a fluctuațiilor aliatoare”. În cadrul acestui capitol se descriu instrumente care permit obținerea informațiilor obiective și cantitative pentru a analiza procesele la interfața sistemelor electroenergetice interconectate la fluctuațiile aliatoare a frecvenței și impactul acestor procese asupra schimbului de putere prin liniile de interconexiune a sistemelor electroenergetice.

Capitolul III „Procesele electrice la interfața sistemelor electroenergetice interconectate”. În cadrul acestui capitol se analizează regimul de schimb de putere prin linia de interconexiune a sistemelor energetice, se depistează legități ce țin de abaterile orare de frecvență și se propun relații de calcul a abaterii puterii active și reactive transmisă prin linia de interconexiune condiționate de fluctuațiile frecvenței sistemelor interconectate.

ANNOTATION

The basic objective of this thesis is to analyze the possibilities of achieving the interconnection of the electricity system of the Republic of Moldova with that of Romania. The document contains three chapters:

Chapter I "Analysis of solutions for achieving the interconnection of electricity systems". Within this chapter we evaluate the current state of the electricity system, the perspective of the global energy system and the scenarios of system development. At the same time, this chapter outlines the problem of the investigation and the first steps necessary to carry out it in order to carry out the analysis itself.

Chapter II "Methodology and tools for analyzing fluctuations of alloys". This chapter describes tools that allow obtaining objective and quantitative information to analyze the processes at the interface of the interconnected electricity systems at the fluctuations of frequency and the impact of these processes on the exchange of power through the lines of interconnection of the energy systems.

Chapter II "Electrical processes at the interface of interconnected electricity systems". Within this chapter we analyze the regime of power exchange through the line of interconnection of energy systems, detect laws related to the hourly deviations of frequency and propose relations of calculation of the deviation of the active and reactive power transmitted through the line of interconnection conditioned by the fluctuations of the frequency interconnected systems.

CUPRINS

INTRODUCERE	7
1. CAPITOLUL I – ANALIZA SOLUȚIILOR DE REALIZARE A INTERCONEXIUNILOR SISTEMELOR ELECTROENERGETICE	9
1.1. Scurt istoric al dezvoltării sistemelor electroenergetice (etape de bază)	9
1.2. Starea actuală a sectorului energetic	12
1.3. Interconexiunile existente în sistemul electroenergetic național.....	16
1.4. Acces la LEA interstatale cu Ucraina și capacitatea de transport MD-UA	17
1.5. Acces la LEA interstatale cu SE al României și capacitatea de transport MD-RO	18
1.6. Tipuri de interconexiuni	19
1.7. Interconectarea sistemului electroenergetic al Republicii Moldova cu ENTSO-E (prin interconectarea cu SEE al României)	20
1.8. Formularea problemei investigației	20
2. CAPITOLUL II – 2 METODOLOGIA ȘI INSTRUMENTE DE ANALIZĂ A FLUCTUAȚIILOR ALIATOARE	23
2.1. Particularități ale regimurilor de funcționare a sistemelor electroenergetice moderne.....	23
2.2. Metode de identificare a parametrilor de deviere a frecvențelor în sistemele electroenergetice	25
2.3. Tipuri de modulație a semnalelor electrice.....	28
2.3.1. Subarmonici de frecvență joasă generate de modulația de amplitudine.....	29
2.3.2. Subarmonici de frecvență joasă generate de modulația de frecvență.....	30
2.4. Modularea amplitudine-impuls.....	33
2.5. Instrumente de monitorizare	35
2.6. Metoda statistică de analiză.....	38
2.7. Media mobilă	39
3. CAPITOLUL III – PROCESELE ELECTRICE LA INTERFAȚA SISTEMELOR ELECTROENERGETICE INTERCONECTATE	42
3.1. Transferul de putere prin linia de interconexiune	42
3.2. Metoda de calcul a fluxului de putere prin linia de interconexiune	42
3.3. Caracteristica unghiulară a interconexiunii a două sisteme electroenergetice	45
3.4. Curbele de sarcină a sistemelor electroenergetice	50
3.5. Devierea frecvenței în sistemul electroenergetic UE (Europa Continentală) și sistemul electroenergetic al Republicii Moldova	52
3.6. Rezultate ale analizei spectrale FFT	62
3.6.1. Spectrul de frecvențe a procesului cu durata 24 ore și intervalul de discretizare de 60 minute ...	62
3.6.2. Valoarea absolută a devierii pe parcursul a 24 a frecvenței în sistemele electroenergetice	65
3.6.3. Relația de calcul a componentelor puterii transmise luând în considerare deviația frecvenței ...	67
CONCLUZII	69
BIBLIOGRAFIE	71

INTRODUCERE

Sistemul electroenergetic al Republicii Moldova este un sistem proiectat de a funcționa integrat într-un sistem energetic unic, interconectat cu alte sisteme electroenergetice ale altor state vecine. Rețeaua magistrală de transport a energiei electrice prezintă o coloană vertebrală de tensiune 330 kV, parte componentă a unei bucle 330 kV care include linii magistrale din sistemele electrice ale Republicii Moldova și Ucrainei. Sistemul electroenergetic al Republicii Moldova este strâns integrat cu sistemul electric al Ucrainei și funcționează sincron cu sistemele electroenergetice ale Ucrainei, Rusiei și alte sisteme din sistemul electroenergetic unic. [1]

Situația actuală demonstrează necesitatea de măsuri pentru dezvoltarea sistemului electroenergetic al Republicii Moldova. Pentru realizarea măsurilor respective sunt necesare planuri pentru dezvoltarea capacităților de generare, optimizarea consumului de energie electrică și infrastructura de transport a energiei electrice. Aceste planuri trebuie să fie suficient de detaliate și susținute de scheme aprobate de implementare, coordonate între ele cât și cu planurile statelor vecine. Planurile respective urmează a fi actualizate periodic pentru a face față noilor provocări a asigurării cu energie electrică în regiunea de sud est a Europei.

Realizarea interconexiunii sistemului electroenergetic al Republicii Moldova și României constituie o prioritate stipulată în documentele de politici energetice ale țării [Strategia energetică 2030]. În calitate de cea mai rezonabilă variantă de realizare a interconexiunii se consideră în prezent interconectarea asincronă prin instalații Back-to Back (BtB) și construirea a două linii de interconexiune Bălți-Suceava și Strășeni – Ungheni – Iași. Se preconizează și construcția unei linii interne LEA 400 kV Vulcănești – Chișinău. Construirea BtB Vulcănești se consideră ca strict necesară. Schimbarea structurii rețelelor la realizarea proiectului conduce la modificarea regimurilor permanente în sistemul electroenergetic și deci la necesitatea de a determina particularitățile lor de funcționare la diferite faze de realizare a proiectului, inclusiv și pentru cazul unor soluții de alternativă.

Concomitent cu varianta de interconexiune asincronă se examinează, fie pe viitor și interconectare sincronă. La rând cu interconectarea asincronă prin BtB se examinează și variante de interconectare cu utilizarea convertoarele de curent alternativ – instalații statice în baza transformatoarelor de construcție specială ,care au capacitatea de reglare a diferenței de fază a tensiunilor intrare ieșire. Prin aceasta se poate sigura reglarea fluxurilor de putere prin liniile electrice.

Barierelor privind realizarea interconexiunilor dintre sistemele electroenergetice cu diferite

standarde de menținere a frecvenței are o istorie lungă de discuții. Apriori se acceptă ipoteză, că în aceste sisteme nu pot funcționa în paralel din cauza apariției fenomenului de alunecare a frecvențelor în sistemele interconectate, ce poate conduce la pulsații de putere. Totuși, cercetări sistemice privind examinarea particularitățile schimbării frecvenței la interfața sistemelor cu diferite cerințe de stabilitate a frecvenței nu au fost executate până în prezent din punct de vedere a estimării acestor devieri, de exemplu orare , pentru mai multe ore pe parcursul cărora se observă micșorarea sarcinii, creșterea sarcinii sau sarcina este relativ stabilă. De asemenea prezintă interes și examinarea evoluției devierii absolute a frecvenței pe parcursul zilei, săptămânii și în alte intervale de timp, de exemplu pentru diferite anotimpuri ale anului.

Deoarece au loc fluctuații ale frecvenței condiționate de schimbarea aliațoare al sarcinii, schimbări în puterea activă de generare, de exemplu fluctuațiile puterii de generare condiționate de caracterul intermitent al surselor de energie regenerabilă conectate la sistemul electroenergetic centralizat se prezintă actuală și problema elaborării metodologiei de analiză a fluctuațiilor frecvenței întru ridicarea gradului de obiectivitate și credibilitate a rezultatelor analizelor, ca rezultat al depistării unor particularități și legități relativ captabile , care se pot estima cu metodele statisticii matematice, metodelor de analiză spectrală etc. În aceste condiții analiza spectrală a proceselor care derulează în timp și au un caracter neperiodic, pot să se prezinte ca un instrument util și eficient de analiză a acestor fenomene, care se prezintă de serii numerice temporale cu variații aliațoare în timp a valorilor elementelor determinate doar pentru puncte fixe.

Luând în considerare prevederile documentelor de politici energetice privind realizarea interconexiunii sistemului electroenergetic moldovenesc cu sistemul electroenergetic european, precum și acele lacune care se referă la regimurile de funcționare a sistemului electroenergetic național la schimbarea topologiei lui urmare a realizării interconexiunilor preconizate pentru realizare, precum și adesea caracterul declarativ privind barierele de realizare a acestor interconexiuni se prezintă actuală problema examinării schimbului de putere între sistemele cu diferite standarde de stabilitate a frecvenței și estimarea posibilelor consecințe a variații frecvenței sistemelor electroenergetice gestionate de diferiți operatori a sistemului de transport cu estimarea particularităților schimburilor de putere la interfața de interconectare acestor sisteme energetice.

Scopul acestei lucrări constă în examinarea particularităților structurale ale sistemului electroenergetic național, prevederilor documentelor de politici energetice privind realizarea interconexiunilor cu sistemul electroenergetic al României, elaborarea metodologiei de analiză a particularităților schimbului de putere prin liniile de interconexiune la interfața sistemelor cu diferite cerințe de stabilizare a frecvenței și estimarea impactului devierii temporale a frecvenței asupra

fluxurilor de putere prin liniile de interconexiune, inclusiv în regimurile de reglare forțată a fluxurilor puterii de schimb active și reactive.