

**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.

„ _____ ” _____ 2020

Îmbunătățirea stabilității la mici perturbații folosind dispozitivul PSS

Teză de master

Masterand:

Rotari Iulian, EE-18M

Conducător:

**STRATAN Ion,
prof. univ., dr.**

Conducător:

**TOMA Lucian,
prof., dr.**

Chișinău, 2020

ADNOTARE

Cuvinte cheie: stabilizator de putere, cuplu de amortizare, stabilitate.

În lucrarea ”Îmbunătățirea stabilității la mici perturbații folosind dispozitivul PSS”, autorul lucrării Rotari Iulian, ghidat de conducătorii științifici: profesorul universitar, doctor în științe tehnice, Stratan Ion, UTM, și profesorul, doctor în științe tehnice, Lucian Toma, UPB, fără de care nu ar fi fost posibilă apariția lucrării date, a efectuat studiul stabilității la mici perturbații pentru generatoare echipate cu stabilizatoare de putere. Scopul lucrării este studiul comportamentului dinamic al unei centrale conectată la sistemul electroenergetic în timpul apariției micilor perturbații. Un interes sporit îl prezintă centralele dotate cu sisteme de reglare a excitației cu acțiune rapidă care pentru introducerea unui cuplu de sincronizare pozitiv furnizează un cuplu de amortizare negativ ceea ce și duce la apariția instabilității la mici perturbații. Dispozitivul PSS fiind o buclă adițională în circuitul de excitație a generatorului anume și este destinat pentru a furniza acel cuplu de amortizare necesar pentru menținerea stabilității. Primul stabilizator de putere a fost propus de savanții DeMello și Concordia iar mai târziu de Heffron și Phillips. Cuplul de sincronizare este obținut datorită dispozitivului RAT, sistemului de reglare a vitezei generatorului, dispozitivelor FACTS, iar cuplul de amortizare doar datorită înfășurărilor de amortizare a hidrogenatorului, curenților turbionari induși în masa fieromagnetică a rotorului turbogeneratorului sau de dispozitivul PSS. Deoarece cuplu de amortizare furnizat de înfășurările de amortizare pe cât și de miezul fieromagnetic este proporțional cu perturbațiile apărute anume la mici perturbații apare un cuplu de amortizare rezultat negativ care poate provoca instabilitatea oscilatorie. Ca semnale de intrare pentru stabilizatorul de putere pot servi variația vitezei unghiulare a rotorului generatorului, variația unghiului rotorului, puterea activă de la bornele generatorului. Acest semnal este prelucrat și amplificat în scopul obținerii unei tensiuni care reprezintă semnalul de ieșire al acestui stabilizator și care va fi introdus în sumatorul sistemului de excitație. Prin intermediul modulelor din cadrul PSS semnalul introdus va fi în fază cu perturbația apărută.

ANNOTATION

Key words:power system stabilizer, damping torque, stability.

In the paper "Improving small signal stability using the PSS device", the author Rotari Iulian, guided by scientific leaders: university professor, doctor of technical sciences, Stratan Ion, TUM, and professor, doctor of technical sciences, Lucian Toma, PUB, without of which it would not have been possible to appear this work, performed the stability study at small disturbances for generators equipped with power stabilizers. The aim of the paper is to study the dynamic behavior of a power plant connected to the power system during the occurrence of small disturbances. Of particular interest are plants equipped with fast-acting excitation control systems which, for the introduction of a positive synchronization torque, provide a negative damping torque, which leads to the small signal stability. The PSS device being an additional loop in the excitation circuit of the particular generator and is intended to provide that damping torque necessary to maintain stability. The first power stabilizer was proposed by scientists DeMello and Concordia and later by Heffron and Phillips. The synchronization torque is obtained due to the AVR device, the generator speed control system, the FACTS devices, and the damping torque only due to the damping windings of the hydrogenerator, the eddy currents induced in the ferromagnetic mass of the turbogenerator rotor or the PSS device. Because the damping torque provided by the damping windings as well as by the ferromagnetic core is proportional to the disturbances that occur, ie at small disturbances, a negative damping torque occurs which can cause oscillatory instability. As input signals for the power stabilizer can serve the variation of the angular speed of the generator rotor, the variation of the rotor angle, the active power at the generator terminals. This signal is processed and amplified in order to receive a voltage which is the output signal of this stabilizer and which will be input to the exciter system adder. By means of the modules within PSS, the introduced weekly will be in phase with the disturbance appeared.

CUPRINS

LISTA ABREVIERILOR	11
INTRODUCERE.....	12
1. ASPECTE GENERALE ALE STABILITĂȚII.....	13
1.1 Noțiuni generale	13
1.2 Stabilitatea unghiului rotoric	17
1.3 Stabilitatea la mici perturbații. Noțiuni generale.....	23
2. MODELUL HEFFRON-PHILLIPS.....	27
2.1 Noțiuni generale despre modelul Heffron-Phillips	27
2.2 Metoda de identificare a parametrilor generatorului.....	31
2.3 Determinarea parametrilor stabilizatorului de putere (PSS).....	31
2.4 Modelul Heffron-Phillips	33
2.5 Modelul Heffron-Phillips modificat și proiectarea unui dispozitiv PSS.....	34
2.6 Concluzie pentru capitolul 2.....	39
3. STABILITATEA LA MICI PERTURBAȚII	39
3.1. Linearizarea ecuațiilor dinamice.....	39
3.2. Valori proprii și vectori proprii.....	41
3.3. Timpul de răspuns a sistemelor liniare	43
3.4. Analiza modală aplicată la stabilitatea la mici perturbații a unghiului rotoric.....	43
3.4.1 Aspectele stabilității la mici perturbații ale unghiului rotoric	43
3.4.2 Centrală conectată la un nod de putere infinită (SMIB).....	44
3.4.3. Valori proprii, vectori proprii și ponderea factorilor aplicați la stabilitatea la mici perturbații	47
3.4.4. Aplicația 1: O centrală conectată la barele de putere infinită.....	50
3.4.5. Aplicația 2: Stabilitatea statică într-un sistem cu mai multe generatoare electrice	54
4. STABILIZATORUL DE PUTERE (PSS)	62
4.1 Modelul de bază al PSS.....	64
4.2 Determinarea constantelor K_1 - K_6	65
4.3 Aplicație. Determinarea constantelor K_1 - K_6	70
4.4 Cuplul de sincronizare și cuplul de amortizare.....	72
4.5 Amortizarea oscilațiilor electromecanice	73
4.6 Aplicație	75
4.7 Proiectarea unui dispozitiv PSS.....	78
4.8 Metoda de proiectare în domeniul frecvență	81
5. SIMULĂRI ȘI ANALIZA REZULTATELOR OBȚINUTE	89
5.1 Valorile funcției de transfer	89
5.2 Funcționarea generatorului fără sistem RAT și PSS.....	95
5.3 Funcționarea generatorului cu dispozitiv PSS ideal	96
5.4 Funcționarea generatorului cu sistem RAT dar fără PSS:	97
5.5 Funcționarea generatorului cu sistem RAT și dispozitiv PSS:	100

CONCLUZIE	107
BIBLIOGRAFIE	110

INTRODUCERE

Sistemele electroenergetice moderne sunt caracterizate de interconexiuni extinse și creșterea dependenței de utilizarea eficientă a resurselor energetice. Furnizarea fiabilă și economică de energie electrică este un factor determinant major a progresului industrial și a creșterii în consecință a nivelului de trai. Creșterea cererii de consum a energiei electrice în ansamblu cu cantitatea limitată de resurse și constrângerile de mediu reprezintă mai multe provocări pentru operatorii de sistem. Centralele electrice sunt amplasate la distanță mare de centre de consum din cauza amplasării surselor de energie primară (valorificarea potențialului hidrologic și a zăcămintelor de combustibili fosili). Restricțiile privind protecția mediului ambiant duc la necesitatea supraîncărcării liniilor de transport existente, încărcarea cărora pentru liniile de până la 220 kV este limitată de curentul admisibil al conductoarelor, iar pentru cele de 330 kV și mai mult de criteriile de stabilitate. Cu dereglarea serviciilor de alimentare cu energie electrică, există o tendință de a vedea rețelele electrice ca autostrăzi pentru transmiterea energiei electrice de oriunde este disponibil până la locuri unde este necesar, în funcție de prețuri care variază în funcție de ora zilei. Stabilitatea sistemului electroenergetic are o influență importantă asupra operării sistemului. Ea este influențată de stabilitatea componentelor sistemului cum ar fi generatoare, linii de transport, sarcini și alte echipamente de control (HVDC și SVC). Comportamentul dinamic al sistemelor electroenergetice este destul de complex de aceea modelarea proceselor tranzitorii are un rol foarte important în proiectarea și exploatarea instalațiilor electrice din sistem.

Stabilitatea funcționării unui sistem presupune existența unor mijloace de care trebuie să dispună sistemul considerat, ca în cazul apariției unor perturbații mai mari sau mai mici, să fie menținute valori aproximativ normale ale tensiunii în noduri și ale frecvenței.

În aprecierea stabilității unui sistem electroenergetic există două aspecte stabilitatea la mici perturbații și stabilitatea tranzitorie.

În lucrarea dată vor fi analizate și modelate particularitățile stabilității la mici perturbații.