Hierarhijski sustavi regulacije napona i reaktivnih snaga u EES-u

Opačak, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:848364

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni studij

HIJERARHIJSKI SUSTAVI REGULACIJE NAPONA I REAKTIVNIH SNAGA U EES-U

Diplomski rad

Hrvoje Opačak

Osijek, 2015.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. OPĆENITO O ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU 3

2.1. Konfiguracija mreže 3

2.1.1. Struktura radijalne mreže 4

2.1.2. Struktura prstenaste mreže 5

2.1.3. Struktura zamkaste mreže (Niskonaponska mreža) 6

2.1.4. Struktura zamkaste mreže (Srednjenaponska i visokonaponska mreža) 6

2.2. Naponske prilike u mreži 7

2.3. Proračun pada napona 9

2.4. Utjecaj potrošača na prilike u mreži 11

2.5. Dijagram potrošnje 13

3. NAPONSKA STABILNOST 16

3.1. Osnovna teorija naponske stabilnosti 16

3.2. Statičke karakteristike prijenosnog voda 23

3.2.1. *P-Q* krivulje prijenosnog voda 23

3.2.2. *P-V* krivulje prijenosnog voda 26

3.2.3. *Q-V* krivulje prijenosnog voda 31

3.3. Analiza naponske stabilnosti u složenim mrežama elektroenergetskog sustava 35

3.3.1. Klasifikacija naponske stabilnosti 35

3.3.2. Metode analize 36

4. PODJELA REGULACIJSKIH UREĐAJA (VRSTE I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UREĐAJA ZA KOMPENZACIJU *V* I *Q*) 39

4.1. Uzbuda sinkronog generatora 40

4.1.1. Klasični sustavi regulacije uzbude sinkronih generatora 41

4.1.2. Statički sustav regulacije uzbude sinkronih generatora 43

4.2. Regulacijski transformator 46
4.2.1. Uzdužna regulacija transformatora 48
4.2.2. Poprečna regulacija napona 50
4.3. Kondenzatorske baterije 53
4.3.1. Pojedinačna kompenzacija 54
4.3.2. Grupna kompenzacija 55
4.3.3. Centralna kompenzacija 55
4.3.4. Mješovita kompenzacija 56
4.4. Kompenzacija prigušnicom 57
4.5. FACTS kompenzacija 58
4.5.1. Statički VAR kompenzator (SVC) 60
4.5.2. Statički VAR kompenzator (STATCOM) 62
4.6. Praktične primjene FACTS naprava 63
5. STRUKTURNA PODJELA REGULACIJE NAPONA I JALOVE SNAGE PREMA NAPONSKOM NIVOU 66
5.1. Regulacija napona i jalove snage u prijenosnoj mreži 66
5.2. Regulacija napona i jalove snage u distributivnoj mreži 69
6. HIJERARHIJSKA PODJELA REGULACIJE NAPONA I JALOVE SNAGE EES-a 76
6.1. Primarna regulacija 77
6.2. Sekundarna regulacija 78
6.2.1. Sekundarna automatska regulacija 78
6.2.2. Regulacija napona i jalove snage bez sekundarne automatske regulacije 82
6.3. Tercijarna regulacija 83
7. ISPITIVANJE HIJERARHIJSKOG SUSTAVA REGULACIJE U MREŽI SLAVONIJE I BARANJE PROGRAMSKIM ALATOM „DIGSILENT POWER FACTORY“ 85
7.1. Slučaj bez kompenzacije 87
7.2. Slučaj kompenzacije kondenzatorskom baterijom 88
7.3. Slučaj s kombinacijom kondenzatorske baterije i regulacijskih transformatora 90

7.4. Slučaj kombinacije kondenzatorske baterije i transformatora s ručnom regulacijskom preklopkom 93
8. ZAKLJUČAK 97
LITERATURA 99
SAŽETAK 102
ŽIVOTOPIS 103

SAŽETAK

Regulacija napona i jalove snage u elektroenergetskom sustavu ističe se kao glavni način očuvanja naponske stabilnosti. Iako je prisutnost jalove snage u sustavu povezana s gubicima, tj. padovima napona na reaktivnim elementima mreže, u drugu ruku je iznimno korisna za regulaciju napona, ali i potrebna industrijskim potrošačima. Uspoređujući izmjerenu vrijednost na izlazu iz regulacijskog uređaja s referentnom vrijednošću na ulazu u regulator, regulatori napona i jalove snage reagiraju na promjene u mreži. Hijerarhijski je sustav regulacije podjeljen na primarnu, sekundarnu i tercijarnu. Regulacija je poredana od najužeg (lokacijskog) do najšireg (globalnog) djelovanja za promatrani EES. U budućnosti se očekuje veća upotreba statičkih naprava za kompenzaciju jalove snage temeljenim na energetskoj elektronici, a time i veći prijenosni kapacitet sustava s povećavanjem njegove sigurnosti i pouzdanosti.

Ključne riječi: Sredstva za regulaciju napona, naponska stabilnost, regulacija napona, kompenzacija jalove snage.

ABSTRACT

HIERARCHICAL VOLTAGE AND REACTIVE POWER CONTROL IN THE ELECTRICAL POWER SYSTEM

The best method for keeping the voltage stability is using the voltage and reactive power control in the electrical power systems. Although reactive power flow in the system is related with power losses and voltage drops respectively, it's very useful for controlling the voltage rate in its limits but is also required from industrial loads. Comparing the output voltage values of the regulating devices to some actual fixed reference value on the regulator's input, regulators react to the changes in the power system. Hierarchical system of controlling the voltage and reactive power is divided into three controlling circuits. These are primary, secundary and tertiary, established from the narrowest (local) to the widest (global) control of the system. In the future of reactive power and voltage control, new regulation methods are expected, considering static resources that belong to power electronics-based systems. Usage of so called FACTS devices will increse security and reliability, as well as transmission capacity of its electrical power grid.

Key words: Devices for voltage regulation, voltage stability, voltage regulation, reactive power compensation.