

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:848364>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



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 energetskej 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, secondary 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 increase 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.