

Analiza dinamičkih stanja sustava vlastite potrošnje hidroelektrane

Benšić, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Elektrotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:466359>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK

Sveučilišni studij elektrotehnike

ANALIZA DINAMIČKIH STANJA SUSTAVA
VLASTITE POTROŠNJE
HIDROELEKTRANE

Diplomski rad

Tin Benšić

Osijek, 2014.

Sadržaj

1	UVOD	1
2	SINKRONI I ASINKRONI STROJ	2
2.1	Naponske jednadžbe sinkronog stroja	2
2.1.1	Matrica induktiviteta statora \mathbf{L}_s	5
2.1.2	Matrica induktiviteta rotora \mathbf{L}_r	9
2.1.3	Matrica međuinduktiviteta statora i rotora \mathbf{L}_{sr}	12
2.1.4	Matrica induktiviteta sinkronog stroja \mathbf{L}	14
2.2	Naponske jednadžbe asinkronog stroja	16
2.2.1	Matrica induktiviteta statora \mathbf{L}_s	18
2.2.2	Matrica induktiviteta rotora stroja \mathbf{L}_r	20
2.2.3	Matrica međuinduktiviteta statora i rotora \mathbf{L}_{sr}	20
2.2.4	Matrica induktiviteta asinkronog stroja \mathbf{L}	23
2.3	Transformacija u dvoosni koordinatni sustav	24
2.3.1	Transformacija varijabli - sinkroni stroj	27
2.3.2	Transformacija varijabli - asinkroni stroj	29
2.4	Mehaničko vladanje stroja	30
2.4.1	Elektromagnetski moment stroja	32
2.5	Matematički model sinkronog i asinkronog stroja sedmog reda	33
2.6	Model u sustavu relativnih jedinica (per unit)	34
2.6.1	Izbor baznih veličina	34
2.6.2	Svođenje modela strojeva u p.u. sustav - Sinkroni stroj	35
2.6.3	Svođenje modela strojeva u p.u. sustav - Asinkroni stroj	39
3	MODELIRANJE SINKRONOG GENERATORA U PROSTORU STANJA	40
3.1	Modeliranje sustava u frekvencijskoj domeni	40
3.1.1	Laplaceova transformacija	40
3.1.2	Prijenosna funkcija	40
3.1.3	Svojstva polova sustava	41
3.2	Modeliranje u prostoru stanja	42
3.3	Linearizacija	44
3.4	Linearizirani model sinkronog stroja u prostoru stanja	44
4	SIMULACIJA DINAMIKE SUSTAVA VLASTITE POTROŠNJE HE JAJCE	48
1		48
4.1	Podaci sustava vlastite potrošnje HE Jajce 1	48
4.2	Parametriranje generatora	49
4.3	Parametriranje regulatora	52
4.3.1	Regulator uzbude	53
4.3.2	Regulator brzine vrtnje	56
4.4	Parametriranje pumpi rashladne vode	60
4.5	Simulacija dinamičkih odziva sustava	64
4.5.1	Istovremeni zalet obje pumpe rashladne vode	65
4.5.2	Sukcesivni zalet pumpi	73
4.5.3	Zalet motora uz smanjeno pasivno opterećenje mreže	85

4.5.4 Protufazno uključenje motora	90
5 Zaključak	95
Literatura	97
Popis slika	99
Popis tablica	101
Sažetak	102
Abstract	103
Životopis	104
PRILOG 1	105
PRILOG 2	107
PRILOG 3	112

Sažetak

U ovom diplomskom radu detaljno se opisuju matematičke modele sinkronog generatora i asinkronog motora sedmog reda. Ovi modeli nužni su za razumjevanje dinamičkih vladanja sinkronog i asinkronog stroja. Za sinkroni generator matematički se model prikazuje u prostoru stanja te linearizira kako bi se moglo odrediti svojstvene vrijednosti generatora u zadanoj radnoj točki, tj. njegove modove. Na temelju modova konkretnog generatora koji napaja vlastitu potrošnju HE Jajce 1 i step odziva generatora u praznom hodu te pomoću modalne analize parametrira se regulator uzbude i brzine vrtnje. S parametriranim regulatorima simuliraju se dinamički odzivi sustava. Najizraženije prijelazne pojave nastaju pri zaletu pumpi rashladne vode na sustav u pogonu. Na temelju simulacija donose se zaključke o načinu zaleta pumpi rashladne vode i utjecaja istih na sustav.

Ključne riječi: Sinkroni stroj, asinkroni stroj, matematički model, prostor stanja, uzbudni regulator, turbinski regulator, odziv, dinamika, hidroelektrana, vlastita potrošnja, pomoćni pogoni, prijelazne pojave

Abstract

Dynamic states analysis of hydroelectric power plant's auxiliary drives

A detailed description of seventh grade mathematical models for synchronous generator and induction motor is given in this masters thesis. Understanding these models is necessary for evaluation of dynamic responses of the represented machines. For synchronous generator, mathematical model is derived in linearized state space form. This form is used to calculate the eigenvalues, also called modes of the synchronous machine for given stationary state. Calculated modes of the synchronous machine that drives the auxiliary drives of the hydro power plant Jajce 1, together with step response test and modal analysis are used to choose the parameters for excitation and turbine regulators of the synchronous machine. With completed regulator parameters set, dynamic responses of the power plant auxiliary systems are simulated. The dynamic responses that result from starting the pumps "pumpa rashladne vode" 1 and 2 are the most emphasized dynamic responses. Simulation of various events regarding the two pumps brings conclusions about the way pumps are supposed to be started and their influence on the entire system.

Key words: Synchronous machine, induction machine, mathematical model, state space, excitation regulator, turbine regulator, response, dynamics, hydroelectric power plant, own consumption, auxiliary drives, transients