

Oponentní posudek na disertační práci

Doktorand: Ing. Ladislav Laštovka

Oponent: doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

Téma disertační práce: „Simulace turbogenerátoru při přechodu do ostrovního provozu“

Disertační práce je přehledně a formálně správně zpracována, s dobrou úrovní jazyka. Grafická úroveň práce je velmi dobrá. S uvedenými závěry lze souhlasit.

K práci mám následující dotazy a připomínky:

- Autor užívá pojem „entalpie“ ve smyslu „měrná entalpie“, přitom v případě tepla (shodná jednotka) používá termín „měrné přivedené teplo“.
- V kapitole „Současný stav problematiky“ bych uvítal podrobnější analýzu současného stavu simulací chování turbogenerátoru při přechodu do ostrovního provozu.
- V kapitole 7 je uvažován model turbíny jako soustava, kdy s dokonalým mícháním protéká prostorem nestlačitelná tekutina, což je podle literatury (např. Karták: Řízení a automatizace energetických zařízení) teoretický limitní případ oproti přenosu e^{-sT_v} . Jaké změny by přineslo použití tohoto druhého limitního případu?
- Autor uvádí na str. 34 hodnotu $\frac{\partial \rho}{\partial p_t} = 0.0028$ jako bezrozměrné číslo, což není vzhledem k rovnici (7.11) možné. Jaká je správná jednotka?
- U obrázků na stranách 48-52 bych uvítal popisy os.
- Průběhy poměrně rychlých přechodných dějů poblíže $t = 0s$ na obrázcích na stranách 48-52 (a obdobně 64-67) považuji za nepravděpodobné, vysvětlete jejich původ.
- Jsou v údajích (str. 37) $M_{ST} = 123.12 kg/s$ opravdu všechny cifry platné? Obdobně v dalším textu uváděné síly pružin (20,553kN)?

Západočeská univerzita v Plzni

Doručeno: 20.05.2015
ZCU 014673/2015

listy: 5 přílohy:
druh:



zcupese527c4

Závěry oponentského posudku:

Autor odvedl velké množství práce při realizaci modelů. Uvedené výtky považuji za formální nebo spíše za důležité pro další vědeckou a výzkumnou práci. Za obzvláště cenné považuji porovnání s měřením na reálném zařízení, což bývá v elektroenergetice často obtížně dostupné.

- Práci považuji za přínosnou a aktuální z hlediska současného stavu techniky.
- Použité metody považuji za odpovídající.
- Seznam prací, kterých je Ing. Ladislav Laštovka autorem nebo spoluautorem, je poměrně rozsáhlý, většina prací odpovídá oboru „Elektroenergetika“. Jádro práce považuji za dostatečně publikované. Myslím si, že schopnost publikovat výsledky své odborné práce kandidát prokázal a že jde o pracovníka s vědeckou erudicí.
- Práci ve smyslu zákona 111/1998 Sb., § 47 *doporučuji* k obhajobě.

V Praze 18. 5. 2015

doc. Dr. Ing. Jan Kyncl



Oponentský posudek doktorské disertační práce

Autor: Ing. Ladislav Laštovka
Školící pracoviště: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická
Téma: Simulace turbogenerátoru při přechodu do ostrovního provozu
Oponent: RNDr. Bohumil Sadecký, CSc.
ČEPS, a.s.

Zhodnocení významu práce pro obor:

Přínosem práce pro vědní obor „Elektroenergetika“ je získání významných poznatků o dvou různých způsobech řízení servopohonů ventilů při přechodu elektrárenského bloku do ostrovního provozu (vysokotlaká hydraulická regulace VTH a nízkotlaká hydraulická regulace NTH). Poznátky byly získány simulací na modelu v prostředí Matlab Simulink, vytvořeném v rámci disertační práce. Získané výsledky byly verifikovány porovnáním s reálnými naměřenými hodnotami a autor provedl analýzu výhod a nevýhod obou způsobů regulace.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle:

Zvolený metodický postup odpovídá požadavkům na vědeckou práci. Autor postupoval od teoretických základů přeměny tepelné energie na elektrickou k vytvoření modelu konkrétního turbosoustrojí, analýze modelovaných jevů při přechodu bloku na vlastní spotřebu, verifikaci modelových výsledků porovnáním s realitou a závěrům pro praxi. Tuto fázi vědecké práce zakončil určením směrů dalšího výzkumu.

Hlavním cílem práce bylo zhodnocení způsobů regulace admisní páry při přechodu turbosoustrojí do ostrovního provozu a porovnání dynamiky přechodu při použití regulace VTH nebo NTH, a to na modelu turbosoustrojí vytvořeném v prostředí Matlab Simulink. Stanoveného cíle bylo v předložené práci dosaženo.

Kapitoly 2 - 6 představují úvodní část práce, shrnující teorii přeměny tepelné energie na elektrickou a principy regulace elektrárenského bloku při přechodu do ostrovního provozu.

Kapitoly 7 a 8 jsou jádrem disertační práce. Je v nich popsán model vybraného 72 MW bloku v prostředí Matlab Simulink a výsledky simulace přechodu tohoto bloku do ostrovního provozu, konkrétně na vlastní spotřebu 8 MW. Výsledky simulace jsou verifikovány porovnáním s naměřenými hodnotami obdobného přechodu na konkrétním bloku elektrárny Amager v Dánsku. Verifikace potvrdila použitelnost modelu. V kapitole 8 je dále provedeno porovnání dvou simulačních průběhů s použitím regulace VTH a NTH se závěrem, že regulace VTH má výrazně lepší dynamiku než regulace NTH, což se projevilo zejména menším přeběhem otáček.

Na základě výsledků získaných modelováním stanovil autor v kapitole 9 kritéria a hodnotící parametry pro přechod bloku do ostrovního provozu.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce:

Původním přínosem práce pro praktické obory elektroenergetiky je vytvoření verifikovaného modelu turbosoustrojí, který lze dále rozvíjet pro simulace dalších provozních stavů elektrárenského bloku a sítě, jak je naznačeno v kapitole 10.1 o dalších směrech výzkumu. Sestavení modelu, jeho verifikaci a získání prakticky použitelných závěrů ze simulace na modelu považují za hlavní **vlastní přínos** autora.

Výsledky práce je možné podle doporučení autora aplikovat pro zvažování přechodu od regulace NTH k regulaci VTH u starších turbosoustrojí.

Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce:

Práce má celkem 73 stran základního textu včetně obrázků a grafů. Je rozdělena na 10 kapitol a systematicky postupuje od analýzy problému až k závěrům ze simulací ostrovního provozu konkrétního bloku na vytvořeném modelu. Práce je sestavena přehledně s dobrou formální úpravou a jazykovou úrovní, drobné překlepy neubírají na její srozumitelnosti. Nižší počet stran je nepochybně vyvážen rozsáhlou prací na přípravě modelu v prostředí Matlab Simulink.

Vyjádření k publikacím předkladatele disertační práce:

V přehledu vlastních publikací autor uvádí celkem 10 položek, z toho 4 příspěvky na mezinárodních konferencích. Úroveň publikační činnosti v rámci doktorského studia prokazují kvalitu vědecké práce autora.

Dotazy na autora práce:

1. Zná některé případy blackoutu v důsledku frekvenčního kolapsu po narušení výkonové bilance?
2. Jak ovlivňují fotovoltaické elektrárny chování soustavy při poklesu nebo zvýšení kmitočtu v síti?
3. Jaké podmínky musí být zajištěny pro životaschopný ostrov (kromě schopnosti přechodu bloku do ostrovního provozu)?
4. Proč zvolil pro verifikaci elektrárnu Amager?

Závěrečné hodnocení:

Podle mého soudu práce splnila stanovené cíle, obsahuje řadu nových poznatků a je přínosem pro vědní obor elektroenergetiky i pro praxi. Doktorand prokázal osvojení vědeckých metod práce, schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce v dané oblasti a schopnost aplikovat výsledky v praxi. Disertační práce splňuje obecně uznávané požadavky na úroveň doktorských disertačních prací. Z výše uvedených důvodů doktorskou disertační práci

d o p o r u č u j i k o b h a j o b ě .



RNDr. Bohumil Sadecký, CSc.
ČEPS, a.s.
Elektrárenská 774/2
101 52 Praha 10

V Praze, 5.5 2015

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

Vysoké učení technické v Brně, FEKT, Ústav elektroenergetiky

Autor: **Ing. Ladislav Laštovka**

Název: **„Simulace turbogenerátoru při přechodu do ostrovního provozu“**

Předložená disertační práce Ing. Ladislava Laštovky je zaměřena na problematiku přechodu parních elektrárenských bloků do ostrovního provozu.

V úvodní části práce je představeno téma práce a jsou vydefinovány cíle práce. Dále jsou charakterizovány základní charakteristiky parních elektrárenských bloků a je rozebrán přechod do ostrovního provozu a ostrovní provoz. Jako nejnejpříznivější případ je vyhodnocen přechod elektrárny na minimální výkon odpovídající napájení pouze vlastní spotřeby elektrárenského bloku. Jádro práce pak tvoří kapitoly 7 až 9, kde autor nejprve navrhl model parní turbíny a na základě dostupných informací určil konstanty modelu tak, aby odpovídaly reálnému bloku v elektrárně Amager v Dánsku, od které měl k dispozici provozní měření na elektrárenském bloku.

S ohledem na dynamické vlastnosti bloku při prudkém snížení výkonu odpovídajícímu přechodu do ostrovního provozu autor identifikoval jako klíčové dynamické chování regulačních ventilů, které je závislé na typu použité hydraulické regulace. Dále je pak v práci podrobně rozebrána a modelována regulace za pomoci vysokotlaké hydrauliky a regulace za pomoci nízkotlaké hydrauliky.

Pro ověření modelu jsou výsledky simulace regulace prostřednictvím vysokotlaké hydrauliky porovnány s naměřenými průběhy chování elektrárny Amager při přechodu do ostrovního provozu. Následně je vyhodnocena simulace regulace za pomoci nízkotlaké hydrauliky a jednak porovnány chování obou typů regulace mezi sebou a pak také s podmínkami stanovenými ve směrnici ČEPS pro přechod do ostrovního režimu u bloků připojených do PS ČR.

V závěru práce je provedeno zhodnocení dosažených výsledků. Poslední část práce tvoří seznam literatury doplněný o vlastní publikace autora.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Disertační práce je zaměřena na simulace dynamického chování elektrárenského bloku při přechodu do ostrovního provozu, kdy elektrárna napájí vydělenou část elektrizační soustavy či v extrémním případě pouze svoji vlastní spotřebu. V současné době v souvislosti s rozvojem zdrojů se stochastickým průběhem dodávaného výkonu rostou požadavky na regulační schopnosti klasických zdrojů a to zejména s ohledem na udržení vyrovnané výkonové bilance v propojené elektrizační soustavě.

Z toho důvodu považuji téma práce za **vysoce aktuální a současně velmi dobře využitelné v elektroenergetické praxi.**

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Autor při řešení práce postupoval standardním způsobem. Nejprve se seznámil s teoretickými pracemi v dané oblasti. Následně poznatky aplikoval při návrhu modelů jednotlivých částí bloku. Vlastnosti navrženého modelu pak porovnal s měřením provedeném na reálném elektrárenském bloku. Použitý **postup řešení problému považuji za správný. Navržený model vykazuje dobré výsledky a jeví se jako využitelný jak v dalším výzkumu, tak i v praxi.**

Hlavním cílem práce definovaným v kapitole 1.2 vyhodnotit možnosti přechodu tepelných elektrárenských bloků pracujících s parními turbínami do ostrovního provozu.

Cíl práce byl splněn.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Autor v práci vytvořil model turbíny s respektováním činnosti záchytného ventilu a dále modely regulace s využitím nízkotlaké hydrauliky a regulace s využitím vysokotlaké hydrauliky, přičemž model využívající regulaci pomocí vysokotlaké hydrauliky byl verifikován na reálných datech.

Za původní lze považovat vytvořené modely regulace s využitím nízkotlaké hydrauliky a regulace s využitím vysokotlaké hydrauliky.

K práci mám následující připomínky:

- práce obsahuje překlepy a gramatické chyby,
- některé obrázky (např. 2.2) jsou hůře čitelné, písmo v obrázcích a schématech je nejednotné,
- seznam použité literatury je poměrně strohý a obsahuje velmi málo zahraničních zdrojů.

K práci mám následující dotazy:

- Obr. 8.2-8.5 a 8.22-8.24 zobrazují závislosti zdvihu servopohonů na řídicím signálu. Jakým způsobem byly tyto závislosti získány?
- Pro verifikaci byla využita data z elektrárny Amager v Dánsku. Z jakého důvodu nebyla verifikace provedena i pro některý z bloků provozovaný v ČR?

Konstatuji, že **práce splnila zadaný cíl a obsahuje původní části s přínosem pro praxi.** Disertační práce je zpracována na **velmi dobré jazykové úrovni s velmi dobrou grafickou úpravou a stylizována formou umožňující pedagogické využití práce.** Uvedené připomínky jsou formálního charakteru.

V seznamu vlastních publikací je uvedeno 10 záznamů, z toho 8 články na národních a mezinárodních konferencích, jeden článek v národním časopise a jeden článek v časopise s impakt faktorem.

Jádro disertační práce bylo dostatečně publikováno. Celkově považuji publikační činnost autora za průměrnou.

Předložená disertační práce dokládá autorovy hluboké teoretické znalosti a schopnost aktivně využívat vědecké metody práce pro konkrétní řešení velmi aktuální technické problematiky.

Disertační práce plně splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce a proto ji v souladu s §47 zákona č.111/1998 Sb. **doporučuji** k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Brně dne 29.5.2015



.....
podpis oponenta